

El mundo de la COMPUTACION

Curso teórico-práctico

1

OCEANO


COLEGIO DE E.G.B.
"LOS BOSCOS"
LOGROÑO

El mundo de la COMPUTACION

Curso teórico-práctico

1

OCEANO

Es una obra del

GRUPO EDITORIAL OCEANO

Presidente
José Lluis Monreal

Director General
José M.ª Martí

Director General de Publicaciones
Carlos Gispert

Paseo de Gracia, 24
Teléfonos: 317 45 08*
Télex: 51735 exit e - Fax: 317 97 01
08007 Barcelona (España)

Impreso en España - Printed in Spain

ISBN: 84-7764-189-7 (Obra completa)
ISBN: 84-7764-190-0 (Volumen 1)

Depósito legal: CO-875-92 (Oc)
Impreso y encuadernado por:
GRAFICROMO, S.A. Córdoba (España)

volumen
1



Introducción
El cálculo y las calculadoras mecánicas
Los pioneros de la computación
Hacia la computadora de nuestros días
Las generaciones de computadoras
Aplicaciones de la computación

Introducción

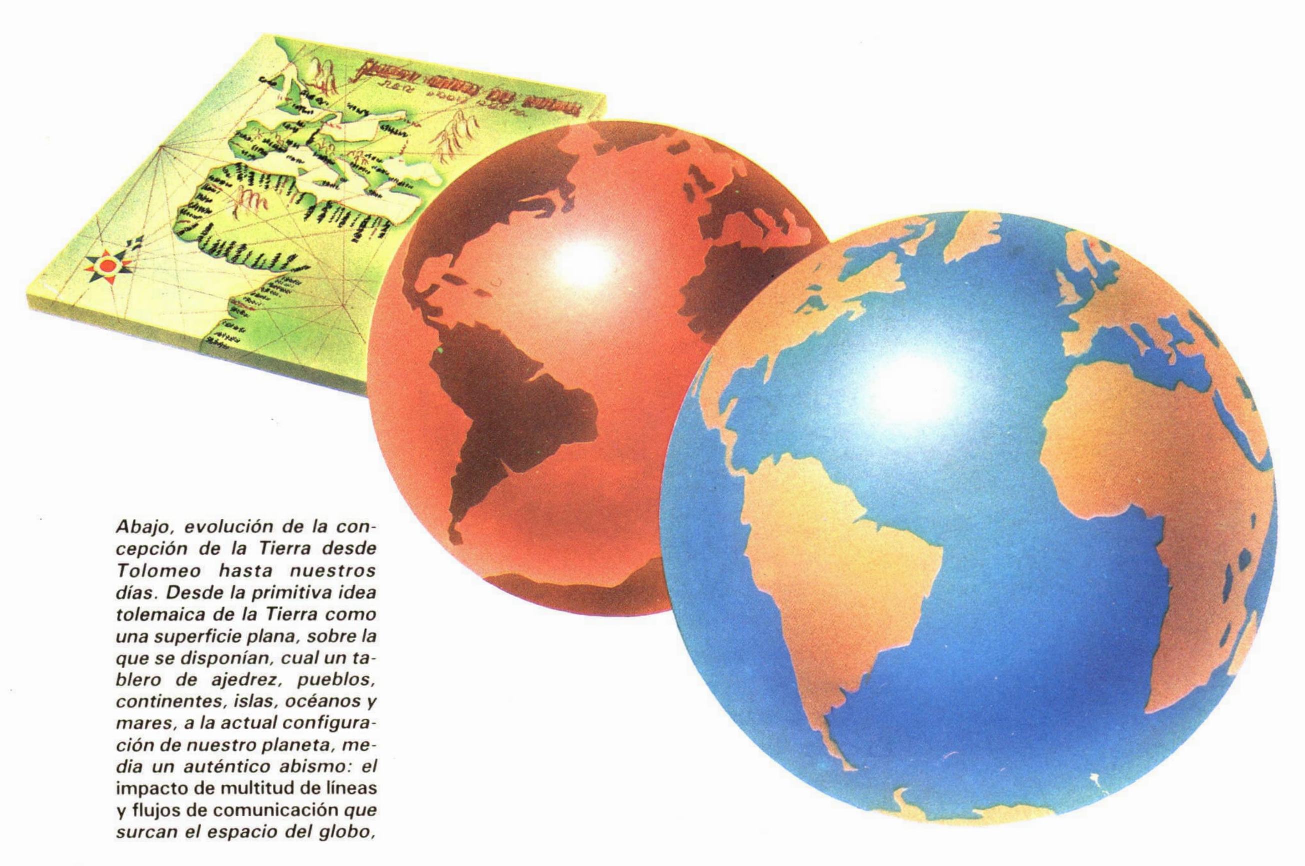
CÓMO IMAGINAMOS NUESTRO MUNDO

¿Qué responderíamos a esta pregunta?: *¿Cómo imaginamos el mundo?* La cuestión nos enfrenta a la imagen que nos representamos de nuestra realidad material terrestre. Esta imagen que podamos tener es el resumen de muchas ideas. Pero, ¿se ajusta a la realidad?

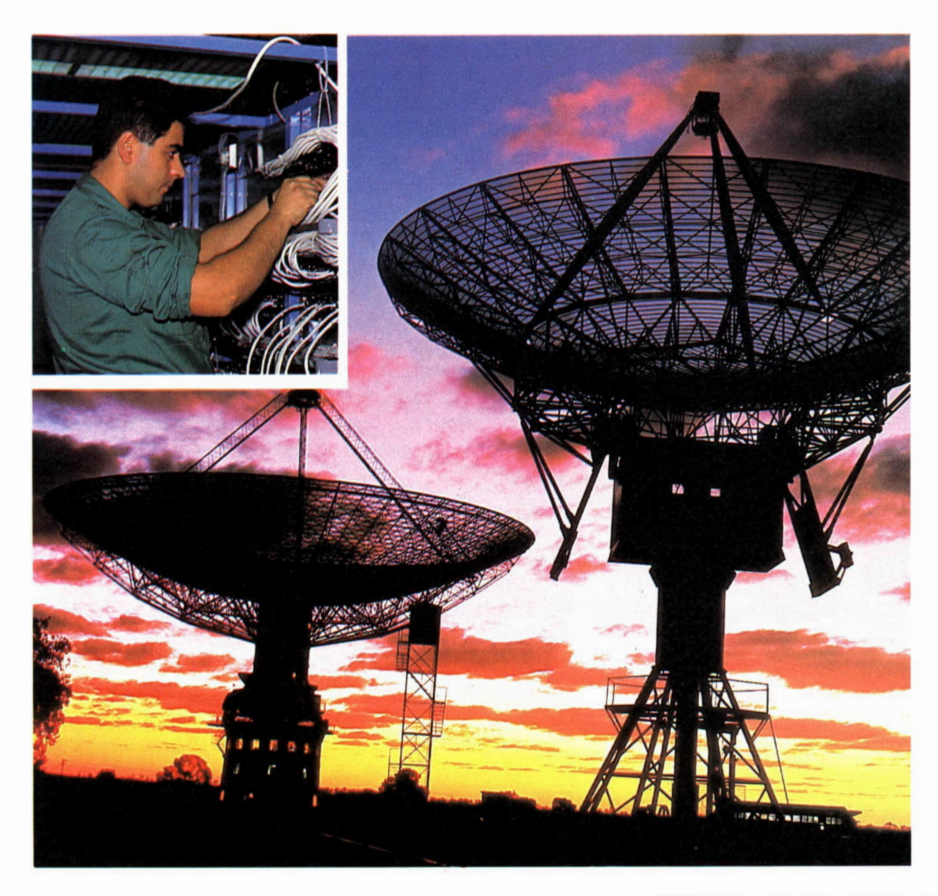
Es sabido que la realidad cambia con el tiempo. Lo fundamental del ser humano es su cultura. Con el cambio de ésta cambian las formas de creer y ver. Recordemos la idea que tenían los antiguos de la Tierra. Creían que ésta era plana, como un tablero de ajedrez sobre el que se disponían pueblos, continentes, islas y mares. Una bóveda celeste cubría el tablero. Esta visión del mundo perduró más allá de su desestimación científica por Galileo, ya en el Renacimiento. Y aún hoy existen personas que creen que la Tierra es un tablero colgado de un clavo que se sostiene no se sabe de dónde.

La redondez de la Tierra, el proporcionado dibujo de los continentes en la esfera que la representa y el gran juego de los planetas en torno al Sol, constituyen un saber ya asentado. No obstante, esta imagen, ya no corresponde a nuestra época. Ha quedado desfasada. Es cierto que la Tierra no ha dejado de ser aproximadamente redonda, ni los continentes han cambiado de sitio ni tampoco en su mayor parte deja de ofrecer el color azul de sus océanos. Pero no es ya una esfera que gira silenciosa y abstraída.

Esta tercera y última imagen de la Tierra tiene muchísimo que ver con lo que aporta la computación y la telemática. La Tierra es ahora un planeta recorrido, atravesado, superpuesto por una infinidad de trazos comunicativos. Millones de personas hablan con otras personas a muchos kilómetros de distancia. Una multitud de redes comunicativas relaciona entre sí todas las partes del planeta. Por supuesto, esos haces



Abajo, evolución de la concepción de la Tierra desde Tolomeo hasta nuestros días. Desde la primitiva idea tolemaica de la Tierra como una superficie plana, sobre la que se disponían, cual un tablero de ajedrez, pueblos, continentes, islas, océanos y mares, a la actual configuración de nuestro planeta, media un auténtico abismo: el impacto de multitud de líneas y flujos de comunicación que surcan el espacio del globo,



poniendo en relación directa a usuarios situados en los puntos más alejados. Si Copérnico, Kepler, Galileo y Newton pusieron las bases para una concepción radicalmente nueva de la Tierra, relegando al olvido temores ancestrales del Mare Tenebrosum, *la irrupción masiva en nuestras vidas de las* computadoras, *los* robots *y las* redes telemáticas *ha supuesto una auténtica revolución, tanto en el terreno de las comunicaciones como en el de nuestras formas de vida y de pensamiento. En la imagen de la izquierda, el radiotelescopio de New South Wales, en Australia, uno de los más potentes de la Tierra. En la fotografía insertada, un operario de una red telemática de larga distancia de una entidad bancaria repara una unidad de la sala de cableado.*

comunicativos no se ven, pero son más reales de lo que se aprecia a simple vista.

El nuestro es un mundo interconectado. Líneas telefónicas, ondas de radio de todo tipo y alcance, y un sinfín de medios, transmiten palabras y datos... Todos estos elementos convierten al nuestro en un planeta de personas que están en contacto instantáneo, a pesar de las distancias que les separan.

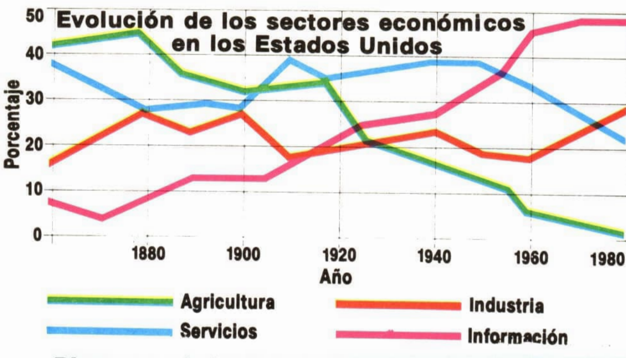
¿Qué sensación tendrían unos seres de otra galaxia si se acercaran a nuestro planeta? Seguramente se apercibirían electrónicamente de un intenso zumbido comunicativo. Un continuo y eficaz flujo de informaciones. El mundo actual no puede definirse mejor que como un amplísimo y muy complejo campo de comunicaciones. Y visto desde su superficie —si nos situamos en una calle cualquiera— se puede constatar con ojos electrónicos el cruce de estos canales comunicativos, con flujos de ida y vuelta, ya sea por ondas, líneas, papeles o palabras dichas de viva voz.

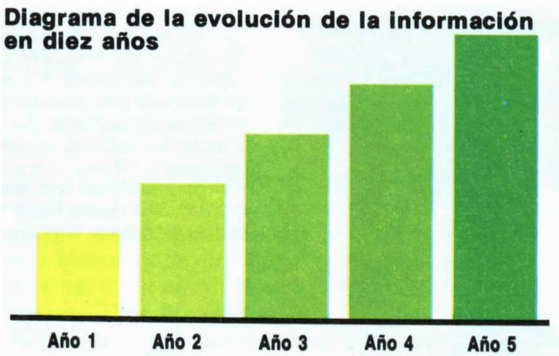
LA ERA DE LA INFORMACIÓN

El progreso técnico ha conducido al ser humano a sofisticar sus formas de producción de consumo y de ocio. A partir del siglo XVIII los desarrollos técnicos han comenzado a plantear

Sectores económicos y computación

Históricamente se ha dividido la actividad económica en tres sectores. El primer sector o primario corresponde a la agricultura, cuyo origen se remonta al Neolítico. El segundo sector o secundario es el de la industria y toma cuerpo con la revolución industrial. El sector terciario o tercero es el de los servicios. Por sector servicios se entiende aquel que no produce bienes de consumo, a diferencia de los anteriores. En nuestra sociedad se ofrecen muchos servicios, tales como hospitalarios, educativos, culturales, de transporte, y un largo etcétera. Un nuevo sector, el cuarto, ha aparecido recientemente y corresponde al del ámbito de la información. Éste engloba todos los procesos de tratamiento de información, sean datos, nombres o símbolos. A partir de los años sesenta del presente siglo, el sector de la información alcanza tal envergadura que en los países más desarrollados supera en importancia





El gráfico superior presenta la evolución de los sectores económicos en Estados Unidos. *Destaca el espectacular avance experimentado por el sector de la información a partir de la década de los sesenta, avance que ha dado un salto cualitativo con la* microcomputación. *La masa de información que se produce y almacena es abrumadora: en tres siglos, ha aumentado la cantidad de información un millón de veces. El diagrama inferior muestra la progresión vertiginosa de la* información *procesada por las* computadoras *a lo largo de diez años.*

económica a cualquiera de los restantes. Sin el desarrollo de la computación ello no habría sido posible y, además, habría supuesto un freno al desarrollo de los sectores tradicionales.
El concepto información *no debe confundirse con el de noticia, ya que es mucho más amplio.*
El cuadro presenta la evolución de los cuatro sectores económicos en Estados Unidos a lo largo de cien años, entre 1880 y 1980.
El aumento de la información es vertiginoso. Concretamente, se estima un incremento del 12 por ciento de información anual. Este desarrollo no sólo tiene implicaciones cuantitativas sino cualitativas. Exige métodos de ordenación, memorización, selección, interacción, búsqueda, edición.
Si reflejamos gráficamente dicho aumento a lo largo de diez años en un diagrama, se hace evidente el significado de este desarrollo y el papel que juega la automatización mediante computadoras.

dificultades en su efectivo control. Asimismo, la cantidad de información relativa a personas, datos técnicos, estadísticas, documentación, ha ido creciendo considerablemente. Ha de tenerse en cuenta que la masa informativa no aumenta aritméticamente, sino con una progresión mayor e imparable.

Tanto el control de las máquinas como la ordenación y el acceso directo a toda esta información ha exigido la invención de un aparato que sea capaz de reproducir algunos aspectos característicos de la capacidad mental humana, para auxiliar al hombre. Este aparato es lo que conocemos con el nombre de computadora.

La palabra *computadora* designa una serie de máquinas que responden a una funcionalidad similar. Quiere ello decir que desde las primeras computadoras hasta las actuales se ha producido una evolución tan grande que materialmente puede resultar difícil reconocer su relación. La primera computadora electromecánica se construyó en 1944. Se la llamó MARK I. Resultaba inmensa; pesaba 5.000 kg, poseía muy poca memoria y sólo sumaba, restaba, multiplicaba y dividía. A las computadoras de la década de los años cuarenta se les llama dinosaurios, por su condición prehistórica, su tamaño colosal y su poco cerebro. Las actuales son muy distintas. Entre ellas hay computadoras de bolsillo. Con ser las modernas computadoras tan pequeñas y económicas, poseen una rapidez y capacidad operativa extraordinariamente superior a las cariñosamente llamadas dinosaurios.

La función de la computadora

La función de la computadora consiste en tratar la información que se le suministra y proveer los resultados requeridos. Esta enunciación tan simple está definiendo un hito monumental en la historia de la humanidad. Con anterioridad, las únicas formas de disponer de información estaban relacionadas con la palabra. Por un lado, la palabra oral o memoria personal, por otro lado, la palabra escrita o memoria colectiva. Cualquiera de estos tipos de información requería, para su interpretación y para la obtención de una nueva información, de la intervención inmediata del ser humano.

Evidentemente, la computadora es incapaz de hacer algo para lo que no ha sido previamente programada. Dicho esto, puede entenderse el adelanto que representa el que un aparato tenga la capacidad de realizar tareas mecánicas como por ejemplo la lectura de datos, su cotejo, la transmisión a otros aparatos, la recepción de otras informaciones y su registro en la memoria. Ello evita al hombre el tener que intervenir en multitud de pequeños actos de escasa importancia y de tediosa realización.

QUÉ ES UNA COMPUTADORA

Desde el punto de vista histórico, se ha indicado que la computadora es un desarrollo de los años cuarenta. No obstante, es el resultado de varios siglos de trabajo, hasta que la madurez técnica de la ingeniería y las necesidades sociales la han hecho posible.

Cabe considerar, por consiguiente, otro aspecto que es el funcional y resulta más definitorio: el concepto de computadora. Enunciémoslo así: *la computadora es una máquina capaz de realizar y controlar a gran velocidad cálculos y procesos complicados que requieren una toma rápida de decisiones.* Esta definición integra diversos elementos, que enumeramos separadamente.

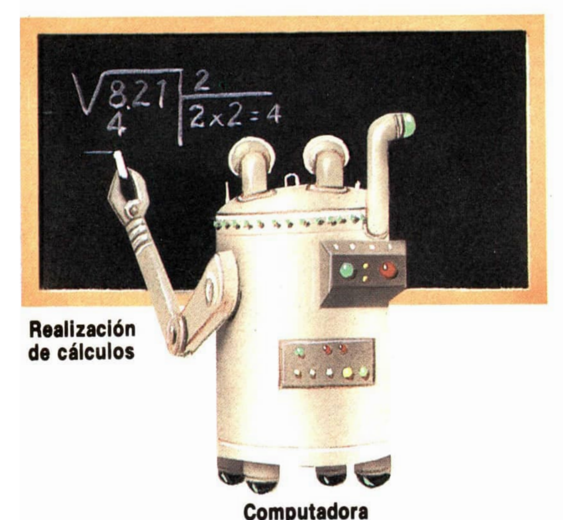
Máquina

La computadora responde a una estructura mecánica capaz de desarrollar actividades que, de hacerlas el hombre, demandarían el uso de capacidades intelectuales. La idea de computadora como «cerebro electrónico» es adecuada si se entiende como un mecanismo que debe ser programado («instruido» o «aleccionado») para cada tarea que se quiere que cumpla.

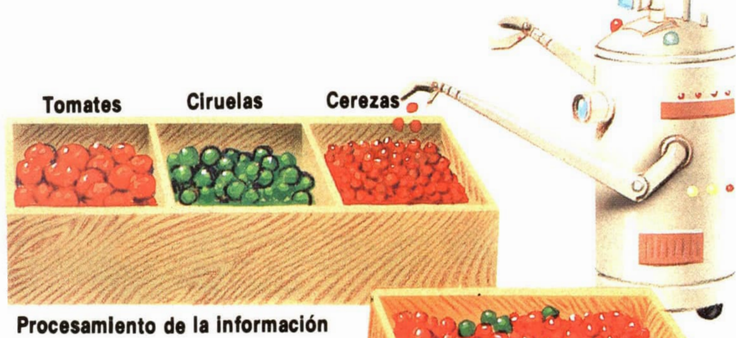


En la fotografía superior, un centro computacional equipado con tecnologías de vanguardia para el tratamiento masivo de datos. Contrariamente a lo que se había imaginado en los últimos años a raíz del proceso expansivo de la miniaturizacion en las computadoras, las grandes computadoras no han desaparecido del mercado, sino que se ha operado una distribución funcional. Las computadoras personales, como las de la fotografía inferior, mejoran sustancialmente la calidad del trabajo y el ambiente de las oficinas.

Cálculo y procesamiento de la información







Arriba, las dos funciones esenciales de una computadora. Por un lado,** computación, **que procede del inglés y se refiere a la realización de cálculos. Por otro, la palabra** informática, **de origen francés y que expresa la actividad de procesamiento de la información. La computadora, dotada de animación humana, que desarrolla cuentas en la pizarra llevaría a cabo el cometido de la computación en tanto que realización de cálculos, mientras que aquella que clasifica tomates, ciruelas y cerezas realizaría el trabajo propio de las computadoras: el procesamiento de la información.

Realización y control

Su actuación se cifra en la realización de ciertas tareas; pero, a la vez, posee la capacidad de verificar la adecuación de los resultados obtenidos, de acuerdo a los elementos de control inherentes a su programación y estructura. Le es propia esa capacidad de interacción entre los procesos y los elementos de la memoria central.

Gran velocidad

La más brillante característica de la computadora se cifra en su velocidad de operación. Si bien su manera de proceder es muy simple y mecánica, la celeridad con que elabora sus cálculos es sorprendente. La primera computadora electrónica de uso o propósito general, la ENIAC, construida en 1946, realizó en dos horas un problema de física que habría supuesto la labor de cien años de una persona. En la actualidad la velocidad operativa es aún mayor y se mide en nanosegundos, que son una milmillonésima de segundo.

Cálculos

Una de las actividades de la computadora es realización de cálculos numéricos, generalmente para aplicaciones matemáticas.

Procesos

Otro tipo de tarea, con mayor importancia que la anterior —aunque opere mediante cálculos—, consiste en realizar procesos. Ello significa que la computadora trata diversas informaciones y las ordena y combina apropiadamente. La realización de un censo de población, la confección de la nómina o el tratamiento de textos son tres ejemplos claros de proceso.

Complicación

La complicación no equivale a complejidad. Los cálculos y procesos que elabora la computadora son complicados en el sentido que resultan prolijos, largos y que exigen una extraordinaria precisión.

Toma rápida de decisiones

Cada vez más el ser humano está llamado a tomar decisiones puntuales sobre muchas cuestiones de proceso. La computadora puede tomar las decisiones por el hombre sin dilación ni contratiempo.

Como resultado de estas características. La computadora ofrece unas posibilidades enormes para la realización de procesos que de otro modo no serían factibles (por su duración) ni tampoco rentables. Aporta un alto nivel de fiabilidad por su precisión y su control, a la vez que permite eludir tareas repetitivas al ser humano; tareas en las que la máquina se muestra incansable e insensible.

PARA QUÉ SIRVE UNA COMPUTADORA

Lo verdaderamente importante no es qué es ni de qué se compone una computadora sino para qué sirve y a qué tareas de nuestra vida cotidiana se aplica. Es evidente que se trata de un instrumento muy reciente que no se suma sin más a una larguísima lista de invenciones humanas. Introduce un cambio cualitativo y no por lo que es, sino por lo que hace.

La computadora puede hacer muchas cosas. Puede controlar el riego y las condiciones ambientales de una plantación, realizar un análisis delicadísimo del cerebro humano o asistir

una operación quirúrgica, prevenir riesgos atmosféricos, probar recetas de cocina, enviar cartas a la velocidad de la luz, regular todos los elementos mecánicos y electrónicos de un edificio, realizar el censo de población de un país, etc. Y así sucesivamente.

La respuesta ajustada a la pregunta relativa a qué puede hacer una computadora es muy larga o muy corta. Si enumeramos todo aquello que realiza en la actualidad, la respuesta ha de ser muy larga. Si expresamos todo aquello que realizará en el futuro, la respuesta puede ser muy breve: *todo*. Esta totalidad no es absoluta. Lo que implica es la constatación de que las aplicaciones computacionales no están necesariamente limitadas por razones materiales de la computadora, sino por el propio hombre. La única limitación conocida de la computadora es la que le imponen los límites imaginativos del ser humano. Nuestra imaginación determina el ámbito de aplicación computacional.

La configuración de la computadora conduce a esa versatilidad tan amplia como insospechada. Las primeras máquinas de cálculo, como las de Pascal o Leibniz, simplificaban ciertas operaciones aritméticas, pero se atenían a una estructura rígida, sin posibilidad de alterar su forma de operar. La computadora nace con la idea revolucionaria de Charles Babbage, en la primera mitad del siglo XIX, de construir una máquina que posea una estructura abierta a cualquier forma de operar. Tal es la grandeza de su concepción. Existían antes instrumentos para ciertos trabajos, mas aquel instrumento que debía ser una ayuda mental para el ser humano era forzoso que funcionara como el cerebro. Es-

Diferentes nombres para una misma cosa

COMPUTADORA Y ORDENADOR

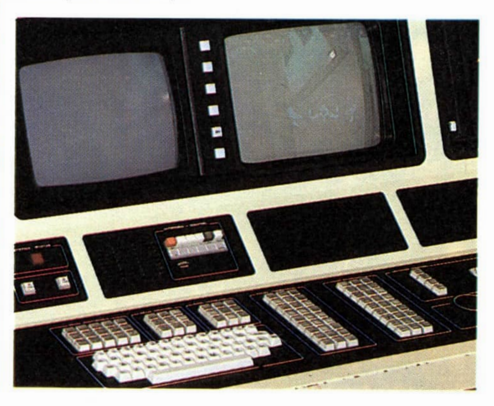
La computadora puede recibir diversos nombres. El término computadora *procede del inglés* (computer) *y significa «máquina de computar o calcular». Del término francés* ordinateur *procede la denominación de* ordenador, *que se refiere a la tarea de poner en orden la información. Son dos perspectivas distintas y complementarias. También recibe los nombres de* cerebro electrónico *y de* calculador, *aunque este último tiene una significación más restringida.*

COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

Los términos computación *e* informática *son equivalentes, sólo que su uso depende de las zonas geográficas. La palabra* computación *procede del inglés y se refiere a la realización de cálculos. Por su parte, la palabra* informática *es de origen francés y designa la actividad de procesamiento de información. Al margen de su origen etimológico, estos términos resultan equiparables. No obstante, la tarea esencial de las computadoras no es el cálculo, sino el procesamiento de información. La computación o informática es la ciencia del tratamiento automático de la información, que puede ser un conjunto de palabras, números o símbolos.*



La fotografía de la izquierda muestra una computadora para visualizar imágenes de distintos órganos del cuerpo humano, obtenidas mediante rayos gamma, con fines de diagnóstico, mientras que la fotografía inferior presenta una estación de exploración con scanner, dotada de consola y dos teclados, la cual, mediante la técnica conocida como **tomografía axial computerizada,** ***permite realizar todo tipo de exploraciones y diagnósticos sin necesidad de utilizar ninguna sustancia de contraste, cuyas consecuencias pueden ser perjudiciales para el cuerpo.***



Centenares de miles de aplicaciones

Las computadoras y los microprocesadores han conseguido ya aplicaciones incontables. Y así seguirá la expansión de este fenómeno, sin fin previsible. Se considera razonable que, en un futuro inmediato, se hallen aplicaciones domésticas e industriales de los «chips» o circuitos integrados en más de 200.000 aparatos o sistemas distintos. En los inicios de la década de 1980 se evaluaba la existencia aproximada de 250 millones de unidades o sistemas relacionados con los microprocesadores. Posiblemente esta cifra se dispare y en el límite mítico del siglo, en el año 2000, seguramente habrá cerca de 10.000 millones de unidades de este tipo.
Lo que antecede se refiere a aplicaciones concretas de los circuitos lógicos desarrollados, que pueden encontrarse hoy en multitud de aparatos, desde instrumentos quirúrgicos hasta relojes digitales de bajo precio. Y lo razonable es que la revolución de esta era de la información se expanda por todos los terrenos de nuestra realidad y actúe sin que nos apercibamos de ello.
Por otro lado, las aplicaciones propiamente computacionales son vastísimas. Imaginemos un teclado corriente de una computadora y visualicemos, sobre sus teclas, símbolos de posibles ámbitos de aplicación.
Por supuesto, no hay teclas suficientes para —como quien cuenta con los dedos un montón de cosas— individualizar cada uso general de la computadora en una tecla concreta. Ni con una batería de diez aparatos podríamos conseguirlo. Tampoco importa. Lo fundamental no es enumerar todo lo posible, como quien lleva a cuestas todos los objetos de una casa, sino saber que prácticamente todo es posible, como quien posee la llave de la casa y sabe que puede penetrar en ella y tomar el objeto que desee.
En un teclado simbólico como el descrito hallaríamos la representación de muchas esferas de aplicación. Empresa, hogar, industria, oficina, administración, enseñanza, meteorología, estadística, investigación, medicina, iglesia, municipio, arte, editorial, comercio, biblioteca, navegación, banca, tráfico aéreo, alimentación, agricultura... Y un amplio etcétera. En muchos de estos lugares las aplicaciones

te órgano vital no sufre ninguna limitación en su actividad, y se aplica a la resolución de todo tipo de problemas (a veces con éxito). De forma paralela, y salvando una enorme distancia, la computadora es una máquina de propósito o uso general. Los conceptos de estructura física y de programación constituyen el soporte material y lógico de esa realidad. En una dualidad solidaria que también recibe los nombres de *hardware* y *software*.

Y se hablará más adelante de formas cualificadas de aplicación computacional, ya sean las más extendidas en el presente ya se trate de las que experimentalmente se conocen y cuya asimilación social se avecina. Y no tiene objeto enumerar usos y usos. Queda dicho —y es lo que conviene retener— que tan sólo queda limitada la computadora por nuestra propia capacidad imaginativa, si bien es cierto que los desarrollos en *microcomputación* y nuevos lenguajes han de proveer a este instrumento de un «motor» social mucho más poderoso.

HARDWARE Y SOFTWARE

La computadora es una realidad unitaria que presenta dos aspectos íntimamente relacionados: el hardware y el software. La palabra inglesa *hardware* se refiere a aquella parte «dura» o material. El término *software* designa aquella otra parte «blanda» o lógica. Así pues, etimológicamente, la computadora se compone de una parte dura y de una parte blanda. Estas expresiones han de entenderse metafóricamente. Significan que existen unos elementos materiales o tangibles, físicos, como los circuitos, los aparatos y terminales, y también unos elementos intangibles de programación.

El hardware es el conjunto de elementos físicos (máquinas, circuitos) y puede ser comparado con la fuerza; mientras que el software, o conjunto de programas e instrucciones, representa la inteligencia. El hardware difícilmente puede ser modificado, mientras que el software o *logical* puede ser alterado para la realización de cada tarea.

El hardware de una computadora se compone de los siguientes elementos:

• *Unidad de control*

La unidad de control realiza la función de dirección central. Interpreta las instrucciones del programa, que le indica las acciones que ha de realizar, y asigna las tareas a las distintas partes del conjunto.

• *Unidad aritmética o lógica*

Es la parte donde se realizan los procesos, a través de las indicaciones de la unidad de control. Realiza operaciones matemáticas o de relación lógica con los datos suministrados.

La reunión de la unidad de control y de la unidad aritmética y lógica en un conjunto mayor se denomina *unidad central de proceso de datos* (C.P.U.). La C.P.U. es la encargada de desarrollar las actividades fundamentales de la computadora.

• *Memoria*

La memoria es el almacén donde se registran y quedan a disposición de la *unidad central de proceso de datos* (C.P.U.) los datos y los programas.

La memoria consiste en millones de pequeños circuitos que sólo memorizan dos tipos físicos de información: si pasa corriente o si no pasa. Cada impulso eléctrico implica la memorización del digito uno (1) y la interrupción de la corriente determina la memorización de un cero (0). Toda la codificación juega con un sistema binario, que puede ser expuesto de varias maneras: abierto/cerrado, conectado/desconectado, 1/0. El sistema binario se distingue del que conocemos normalmente y que es decimal o de base diez.

computacionales son vistosas y nos resultan muy conocidas. En otros no llaman la atención porque su forma de operar es menos espectacular pero no menos eficaz.
Y, si enfocamos una lupa imaginaria sobre una sola de estas esferas de actuación, podremos disponer de otro teclado simbólico jalonado de apartados en los que también concurre la computación. Si a modo de ejemplo se escoge el ámbito municipal, hallamos aplicaciones para bomberos, red de semáforos, sensores y cámaras de control de tráfico, alumbrado, asistencia sanitaria, escuelas, tercera edad, aparcamientos, planificación viaria, salubridad, laboratorios, gestión administrativa y tributaria, guardia urbana, zonas verdes, actividades culturales y festejos, ferias, teletexto, etc. La diversificación y especialización pueden resultar ampliamente extensibles.

Aplicaciones computacionales 1



El teclado imaginario de la izquierda muestra un conjunto de símbolos que reflejan aplicaciones computacionales diversas. Así, de arriba a abajo, los símbolos representados permitirían el procesamiento de esferas de aplicación como navegación, bibliotecas, banca, química, medicina y farmacia, investigación, iglesia, arte, tráfico aéreo, industria, transporte, estadística, enseñanza, meteorología, robótica y prensa. Muchas de estas aplicaciones son vistosas y nos resultan en extremo conocidas, mientras que otras no llaman la atención, porque su forma de operar no es tan espectacular, pero no es menos eficaz.



El teclado de la derecha es una representación imaginaria de las aplicaciones posibles en el ámbito municipal. Los símbolos escogidos son tan sólo una pequeña muestra de las posibilidades de la computadora en esta esfera de aplicación. Así, de arriba a abajo, tendríamos policía, sanidad, dirección de tráfico, parking, museos, ferias, centros de asistencia y hogares para la tercera edad, bomberos, fiestas populares, parques y jardines, escuelas y turismo y centros de vacaciones. Los dos teclados representados pretenden dar una idea aproximada de la enorme diversificación y especialización en el campo de las aplicaciones computacionales.

Equilibrio entre hardware y software

La computadora es la conjunción de hardware y software. El hardware es la máquina, lo material, lo tangible. El software es el conjunto de elementos de programación o logicales y lenguajes, que están codificados. De ahí que la elección de una computadora no dependa sólo de las características técnicas de la máquina ni tampoco, de manera independiente, de la cantidad, calidad y versatilidad del software.
Una computadora de excelente configuración física puede resultar prácticamente inservible sin un desarrollo de software que permita su utilización. Valiéndonos de un símil, cabría ejemplificar este carácter dual. Supongamos que poseemos un moderno tocadiscos digital con lector de rayo láser. Este aparato posee una extraordinaria fidelidad de reproducción y gran potencia, además de otros factores añadidos, como búsqueda automática de temas, etc. Pero he aquí que en los almacenes próximos apenas se dispone de discos digitales. Y hemos de conformarnos con un escaso repertorio de grabaciones, con lo que infrautilizamos el aparato y nos sentimos decepcionados.
Algo parecido ocurre en computación. La computadora equivaldría al aparato reproductor de música y la programación sería paralela a los discos. La existencia de uno de los dos elementos sin el otro resulta inútil, y una descompensación entre ellos tampoco alcanza el grado óptimo.
El criterio para elegir una computadora radica en el correcto equilibrio entre el hardware y el software. Así mismo, no existe una computadora necesariamente mejor que otra de forma absoluta. La calidad de esa oferta depende de la utilización que desee hacerse. Existen computadoras domésticas, profesionales transportables o de gran envergadura. Según sus características poseen una menor o mayor memoria, y la rapidez de ejecución de sus instrucciones varía también de forma sensible. Puede ser tan poco conveniente poseer un sistema con exceso de capacidad y rapidez como poseerlo insuficiente, pues la relación entre trabajo y capacidad de proceso queda desproporcionada.



El dibujo superior es una representación del correcto equilibrio que ha de existir entre el hardware y el software de una computadora cuando deseamos elegir un modelo de los muchos que se comercializan en el mercado. La computadora ideal es aquella que mejor se adapta a las necesidades y al estilo de vida del usuario.

• *Periféricos*

Los periféricos son elementos materiales que cumplen funciones adicionales, pero necesarias. Existen muchos tipos de periféricos. Los fundamentales son el teclado, el monitor, el lector de cinta o *cassette*, la unidad o lectora de disco, la impresora, la palanca de control *(joystick)* y el acoplador acústico o módem, entre otros.

A su vez, el software, que constituye la parte inmaterial e inteligente, se compone de los siguientes elementos, entre otros:

- *Programas*
- *Datos*
- *Diseño*
- *Pruebas*
- *Documentación*

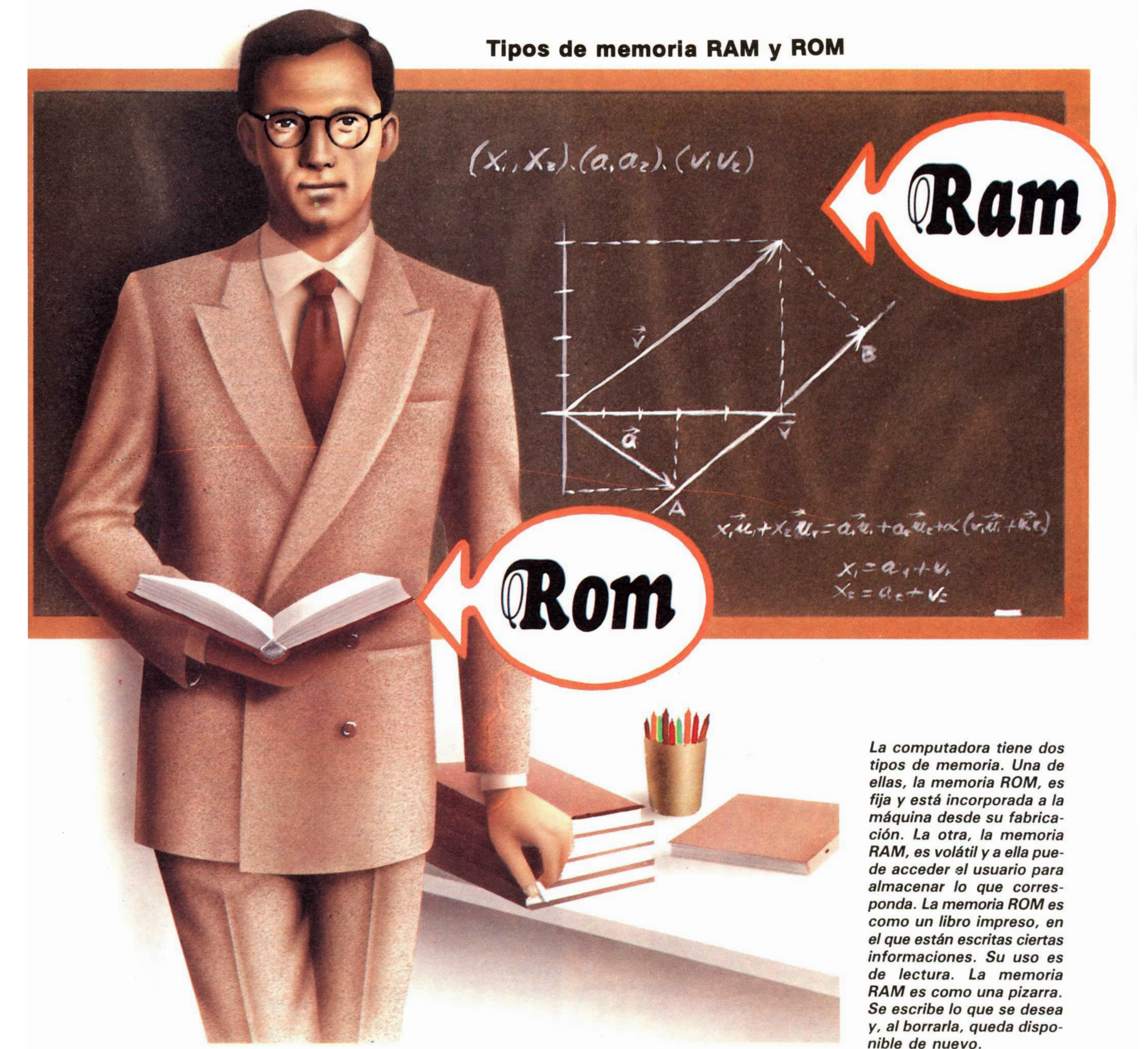


Los elementos que componen el hardware de una computadora pueden estar integrados en varios cuerpos o bien disponerse de manera separada. La ilustración inferior presenta estos elementos integrados en un sistema global, al que denominamos computadora.

LA ESTRUCTURA INTERNA

El núcleo de la computadora está compuesto por la *C.P.U.* y la *memoria.* La C.P.U. o unidad central de proceso de datos acoge a 1) la unidad de control y 2) la unidad aritmética y lógica. La memoria es de dos tipos: ROM y RAM. La memoria ROM *(Read Only Memory)* no puede alterarse; viene prefijada físicamente por el fabricante y contiene los programas necesarios para que la máquina sepa cómo tiene que operar con los programas y los datos que se le introduzcan y pueda relacionar los lenguajes de alto nivel con el lenguaje máquina. La memoria RAM *(Random Access Memory)* es la que el usuario puede utilizar libremente.

La memoria ROM es fija, mientras que la RAM es volátil y, cuando se desconecta el aparato, la información que contiene desaparece. La memoria ROM puede imaginarse como una caja cerrada con una tapa de cristal; a ella sólo se tiene acceso para «leer» o ver qué contiene. Por el contrario, la memoria RAM es como un casillero de hotel en el que se depositan llaves, cartas u otras cosas. Se tiene acceso a él y se puede cambiar la disposición de las cosas y los tipos de cosas que contiene. Si volcamos el casillero (que es como si desconectáramos la computadora) la información desaparece, lo



La computadora tiene dos tipos de memoria. Una de ellas, la memoria ROM, es fija y está incorporada a la máquina desde su fabricación. La otra, la memoria RAM, es volátil y a ella puede acceder el usuario para almacenar lo que corresponda. La memoria ROM es como un libro impreso, en el que están escritas ciertas informaciones. Su uso es de lectura. La memoria RAM es como una pizarra. Se escribe lo que se desea y, al borrarla, queda disponible de nuevo.

que no ocurrirá en el caso de la caja hermética con la que comparábamos la memoria ROM.

La estructura interna de la computadora realiza la función del tratamiento y conservación de la información. Los periféricos que se acoplan proveen dos etapas más, que anteceden y suceden a la etapa central. A través de los periféricos se produce la entrada y la salida de información. A estas tres fases se reduce la labor de la computadora.

Proceso computacional

El funcionamiento de la computadora puede compararse al de una factoría. En ella se realiza un proceso de manufacturado de productos. La primera fase es la recepción de materiales (entrada de información). La segunda y fundamental atañe a la manipulación y transformación (tratamiento de la información). La tercera consiste en la expedición de los productos (salida de información). Como se aprecia, el proceso es muy simple, lo que no impide que sea laborioso.

Siguiendo el paralelismo iniciado, la unidad central de la computadora puede compararse al director de la fábrica, que distribuye las tareas en el taller o unidad aritmética y lógica, donde trabajadores contables realizan todos los cálculos y procesos que se les indica. Todos los trabajos que éstos llevan a término pasan de nue-

vo por el director, quien controla la exactitud y calidad de las operaciones realizadas. Hay pues, un camino de doble dirección entre la unidad de control y la unidad aritmética y lógica. También existe un camino doble entre la unidad de control y la memoria. La memoria es comparable al almacén de la fábrica, allí se almacenan todos los elementos que han ingresado, así como las instrucciones de procesamiento y los resultados de elaboraciones parciales.

La unidad de control es una especie de mecanismo de relojería electrónico interno que lee y ejecuta una instrucción tras otra, a un ritmo dado. Este ritmo es rapidísimo. Para saber cómo debe operar dispone de unos programas recogidos en la memoria ROM, que le instruyen acerca de las normas elementales de una labor de dirección.

Memoria

ROM

RAM

C.P.U.

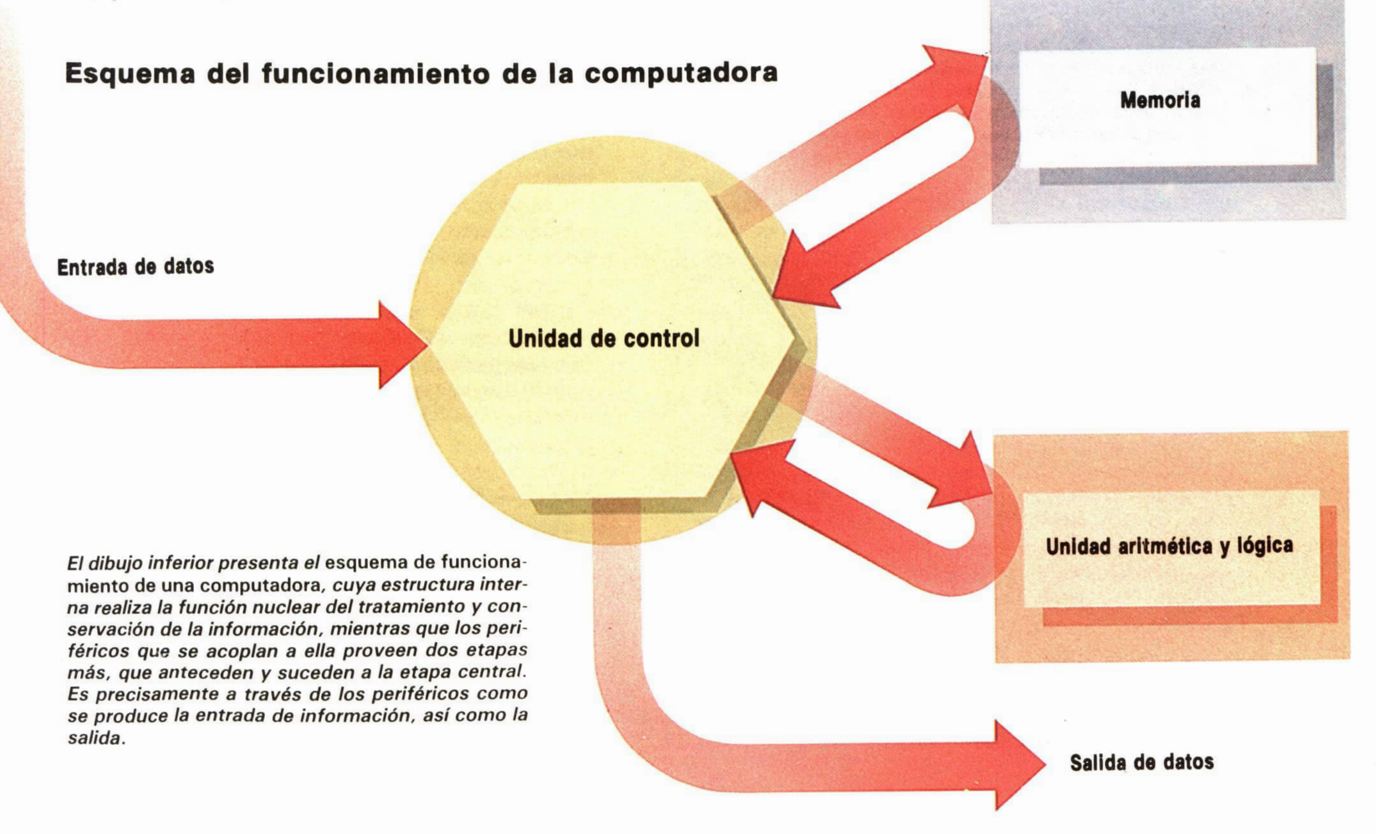
Unidad de control

Unidad aritmética y lógica

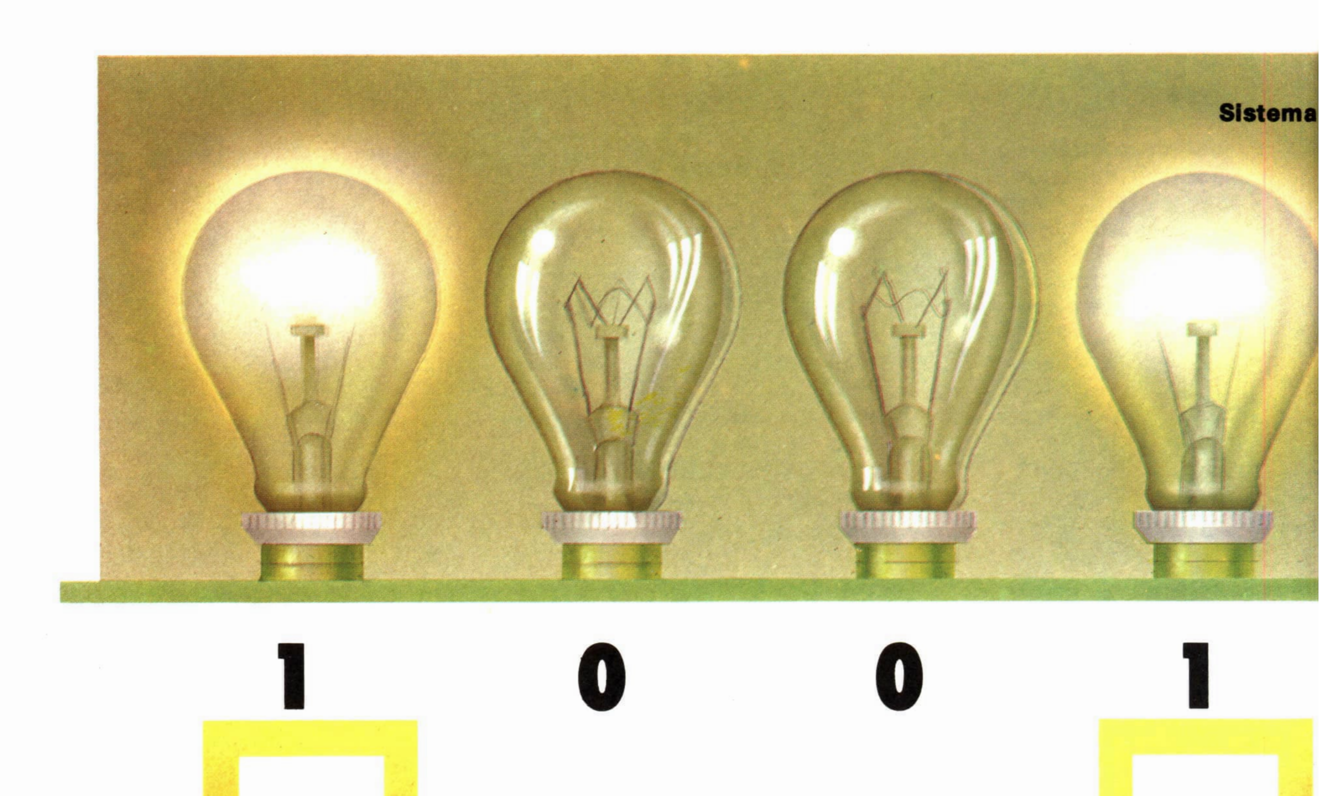
La figura superior presenta el diagrama del hardware de la computadora. *En ella puede observarse en primer lugar la división en los dos tipos de memoria, ROM* (Read Only Memory) *y RAM* (Random Access Memory), *que forman parte de una computadora. La primera, prefijada por el fabricante, contiene los programas necesarios para que la máquina sepa cómo tiene que operar, en tanto que la RAM es aquella parte de la memoria de libre uso por el usuario, por lo que desaparece cuando se desconecta el aparato. Además de la memoria, la computadora contiene la unidad central de proceso (CPU), que acoge a su vez en su seno a la unidad de control y a la unidad aritmética y lógica.*

BIT Y BYTE

El lenguaje de la estructura íntima de la computadora es un sistema de cambios de tensión en la alimentación. Mediante el envío de impulsos eléctricos se codifican todas las operaciones y procesos. Se trata del lenguaje máquina. Para pasar de los lenguajes de alto nivel que utilizamos para comunicarnos con el aparato al lenguaje máquina, se realiza intermediariamente una labor de traducción. Al final del proceso decodificador y codificador lo que la máquina entiende es una larga serie de ceros (0) y unos (1). El cero se asimila a la ausencia



El dibujo inferior presenta el esquema de funcionamiento de una computadora, *cuya estructura interna realiza la función nuclear del tratamiento y conservación de la información, mientras que los periféricos que se acoplan a ella proveen dos etapas más, que anteceden y suceden a la etapa central. Es precisamente a través de los periféricos como se produce la entrada de información, así como la salida.*



La figura superior muestra la lógica del lenguaje de la estructura de la computadora, que obedece a los requerimientos de un sistema de cambios de tensión en la alimentación. Mediante el envío de impulsos eléctricos se codifican todas las operaciones y procesos. Para pasar de los lenguajes de alto nivel, que utilizamos para comunicarnos, al lenguaje máquina, se realiza intermediariamente una labor de traducción. Al final del proceso decodificador y codificador, lo que la máquina entiende es una larga serie de ceros (0) y de unos (1). El cero se asimila a la ausencia de corriente y el uno se produce sólo si pasa corriente. Es, en esencia, la lógica del interruptor.

Posibilidades de codificación

bit: unidad binaria (0 ó 1)
byte: 8 dígitos o bits (por ejemplo, 00000001 «A»)
Kbyte: 1.024 bytes.
¿Cuántas combinaciones posibles hay si se dispone de dos elementos, el cero y el uno, para formar unidades de ocho dígitos?

Es posible saberlo elevando el número de elementos a la potencia del número de dígitos de la unidad: 2^8 (dos elevado a potencia de ocho). El resultado es 256.

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 256$$

El byte permite codificar 256 símbolos, números o palabras.

de corriente y el uno se produce si pasa corriente. Es la lógica del interruptor.

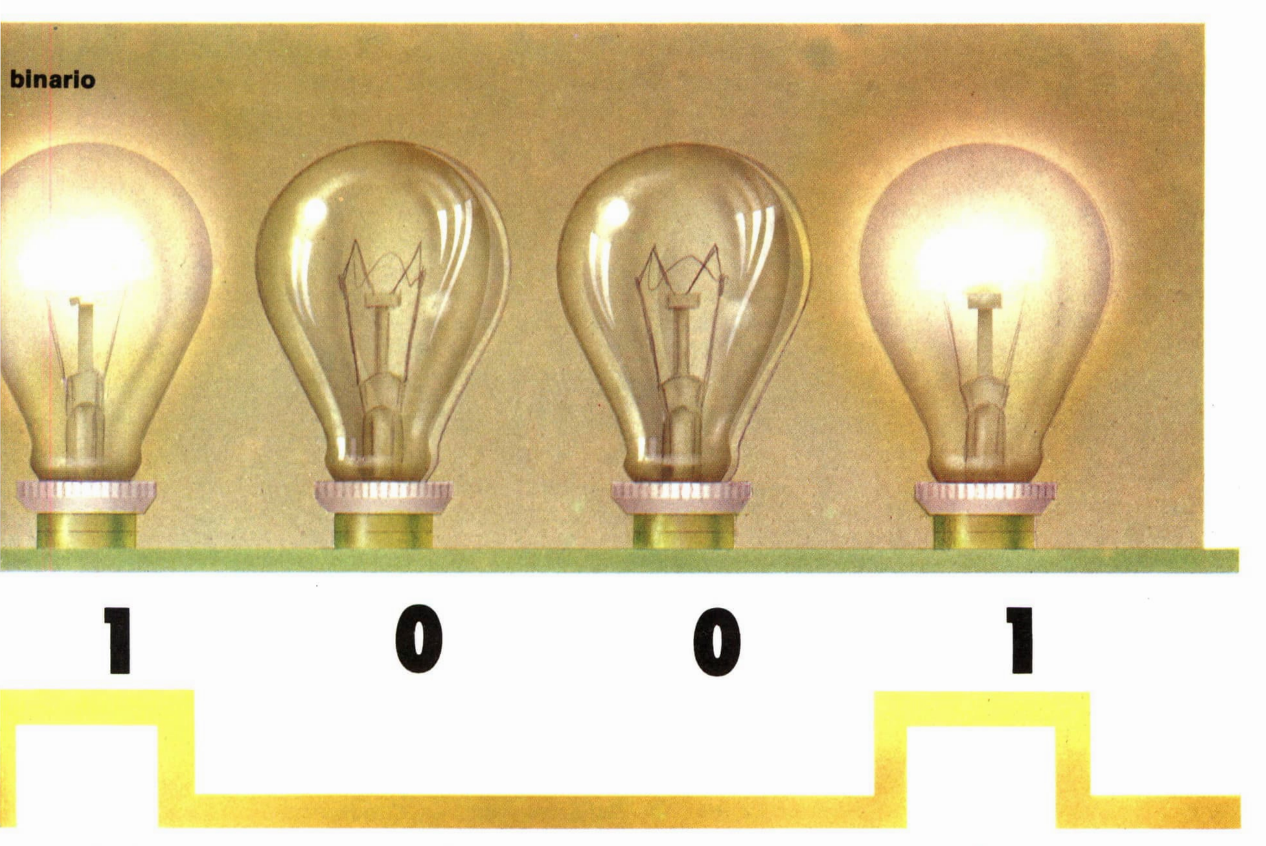
La unidad mínima de información es un *bit*. Consiste en un cero o un uno. Pero el bit no es plenamente significativo, porque es demasiado pequeño, atomizado. Es como una pizquita de una información auténtica o como un fragmento de una fotografía. El *byte* es el estadio superior y pleno, que agrupa a ocho bits. Cada byte constituye una palabra, símbolo o referencia. Un byte puede compararse con una fotografía recompuesta, que se había rasgado en ocho trozos; al reunirlos, vemos perfectamente la figura.

Las combinaciones posibles de los dígitos del sistema binario en un byte permiten 256 formas posibles, a cada una de las cuales se puede asignar un símbolo, letra o número determinado.

LÉXICO Y PROGRAMACIÓN

Programar es más sencillo que aprender una lengua. La programación se rige por unas reglas que se asemejan, con ciertas diferencias, a aquellas de las lenguas naturales. La particularidad estriba en que las reglas de las primeras son menores y más simples.

En los lenguajes de programación de alto nivel se distinguen los siguientes elementos.



Reglas semánticas y sintácticas

Si la expresión que se utiliza no es adecuadamente introducida (exactitud tipográfica y de disposición), la computadora no entenderá lo que se le pide y así lo indicará. Existe una variedad de errores sintácticos que la máquina es capaz de discernir y denunciar, para mayor facilidad del usuario.

Léxico

Cada lenguaje dispone de un número no muy elevado de términos o palabras clave (en algunos casos oscila alrededor de un par de centenares). Generalmente estos términos son ingleses, por razones de tipo comercial. De algunos lenguajes se dispone de versiones en diferentes idiomas. Otros, como por ejemplo el lenguaje Logo, admiten la incorporación de nuevos términos, a voluntad del usuario y sin distinguir el idioma de que se trata, de manera que se engrandece el lenguaje con la interacción entre hombre y máquina.

Frase = Instrucción

Para comunicarse con la computadora es preciso disponer (o teclear), al menos, una unidad de comunicación. Esta unidad mínima es la frase o *instrucción.*

Como ocurre en el lenguaje natural, una frase puede consistir en una sola palabra. Sea como fuere, lo que con ello se expresa es una acción, la instrucción de que se realice una tarea.

Texto = Programa

Un conjunto de frases, en el lenguaje natural, forma un texto, una unidad superior y matizada de comunicación. En los lenguajes de programación el conjunto ordenado de instrucciones configuran un programa. El programa es la expresión completa de una actividad.

Efectivamente, los lenguajes de programación de alto nivel presentan un esquema similar al del lenguaje natural, aunque rudimentario y estrictamente formal. Son un intento de aproximación a las formas comunicativas humanas de uso corriente. De ello se ha hecho un objetivo capital que, de conseguirse, significará la entrada en una quinta generación de computadoras.

Si bien es cierto que no resulta difícil programar, y conviene animar a aquellos que sienten interés o inclinación por ello, no parece necesario el aprendizaje de un lenguaje ni de las técnicas de programación si lo que se pretende es utilizar los recursos computacionales en aplicaciones inmediatas y cotidianas. Para ello

existen paquetes de programas eficazmente elaborados y probados.

Para servirse de la computación no es necesario ser ingeniero ni programador. Basta con ser un buen profesional en su especialidad o un usuario sin complejos. Ello es tan cierto (y cada vez lo será más) como que para conducir un vehículo no es imprescindible ser mecánico o ingeniero.

Actualmente, las líneas de investigación de la computación se dirigen a conseguir que el hombre se pueda comunicar con la máquina en su propia lengua. También, el futuro inmediato se halla en la potente interrelación de tres elementos tecnológicos renovadores: la computación, la telemática y el videodisco.

EL CAMBIO DE SISTEMA TECNOLÓGICO Y LA COMPUTACIÓN

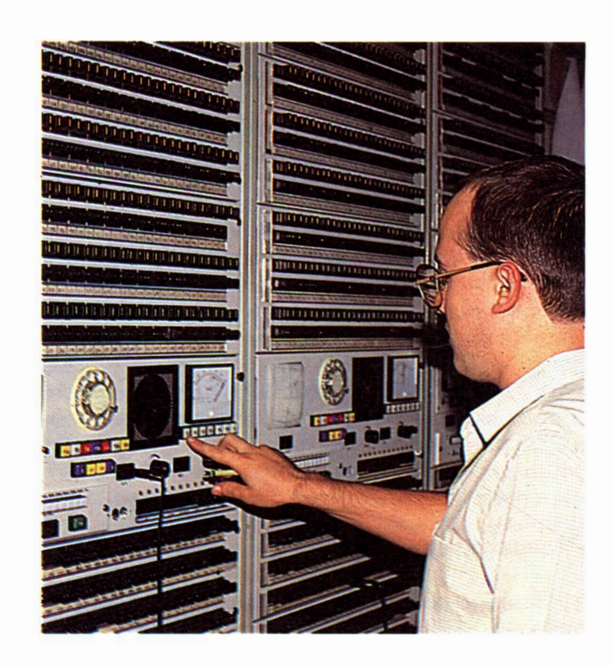
La capacidad de un trabajo, un servicio o cualquier otra actividad viene determinada por el sistema del que se sirve. La organización de un proceso mediante una particular tecnología condiciona necesariamente los resultados. Si se quiere mejorar estos resultados cabe introducir mejoras en el sistema. Con ello se obtendrán algunos adelantos, pero éstos serán ligeros porque existen unos límites ciertos, más allá de los cuales no se puede llegar. El camino para que el proceso progrese sensiblemente, no pasa por la reforma o retoque sino por el cambio de sistema.

Esto es precisamente lo que consiguió Herman Hollerith en 1890 con la aplicación de la computación a la elaboración del censo de los Estados Unidos. La computación es un ámbito muy apropiado para comprender las repercusiones de un cambio de tecnología. No obstante, para no perder de vista el rastro de la realidad, podemos proponer también a modo de ejemplo un sistema que ha creado leyenda. Se trata del transporte postal urgente que inauguró el Poney Express.

Las repercusiones de un cambio de tecnología

La zona de San Francisco, en Estados Unidos, hervía de actividad en la segunda mitad del siglo XIX. Sin embargo, quedaba relativamente aislada del resto del país. El correo tardaba cerca de seis semanas en recorrer la distancia que separaba la costa del Pacífico de la del Atlántico. Las noticias se demoraban excesivamente. De hecho, el recorrido de los servicios postales, por razones orográficas, pasaba por el istmo de Panamá y con este rodeo ganaba tiempo.

Las fotografías de la izquierda e inferior de esta página muestran los paneles coaxiales de una red telefónica de larga distancia de un sistema en estrella, utilizado por una entidad bancaria para poner en relación a sus sucursales de una ciudad con la central de conmutación, conectada a su vez en estrella con otras centrales interurbanas. En la página siguiente, a la derecha, la máquina de calcular de Hermann Hollerith, diseñada por él a finales del siglo XIX.





En 1860 se publicó en un periódico de San Francisco un anuncio en el que se solicitaban jóvenes jinetes, preferiblemente huérfanos, dispuestos a jugarse la vida por veinticinco dólares a la semana. El anuncio serviría para reclutar personal para el Poney Express, un servicio postal urgente que se iba a crear en aquel momento y que ha llegado a ser legendario. En el mismo año indicado, ya estaba en marcha: centenares de caballos, jinetes y paradas de refresco. El tiempo del recorrido se redujo a la asombrosa cifra de diez días, a razón de 125 kilómetros por día y jinete. La carrera era entre San Francisco (California) y Saint Joseph (Missouri).

A pesar de ello el Poney Express sólo duró un año y medio, de abril de 1860 a octubre de 1861. La razón de esta breve vida radica en la aparición de un competidor mucho más rápido, el telégrafo. Y el Poney Express se eclipsó.

La cuestión es ésta: la supremacía del Poney Express sobre el correo ordinario era incuestionable, pero ¿cómo se podría romper la barrera de los diez días? ¿cómo se podría mejorar considerablemente este límite? Cabía, desde luego, aumentar el número de jinetes y paradas, elegir caballos más veloces (de por sí ya se disponía de caballos pequeños y veloces), reducir los recorridos de jinetes y caballos... y poco más. Posiblemente se ganarían horas e incluso algún día. Pero sus límites eran ciertos e inamovibles porque, desde un principio, la norma en los trayectos era conseguir lo máximo del caballo y del jinete, lanzados a una carrera desenfrenada.

Hay que anotar que, anecdóticamente, se produjeron algunos hechos excepcionales. Uno de ellos lo protagonizó Bill Cody, más conocido como Buffalo Bill. Era uno de esos jóvenes a quienes no les arredraba el peligro y se habían incorporado a los puestos de correo. En una ocasión recorrió más de quinientos kilómetros en un solo día. Por razones del servicio, galopó casi veinticuatro horas a lomos de diferentes caballos hasta hallar el relevo, y volvió de nuevo a su puesto de origen. Por supuesto, las hazañas no pueden tomarse como patrón.

La superación de los límites del Poney Express vino dada por el cambio de tecnología, por la telegrafía. A partir de octubre de 1861 quedó instalada la primera línea telegráfica que unía los extremos del continente, de este a oeste. Desde entonces los mensajes urgentes se telegrafiaron y la información llegaba a su destino con rapidez pasmosa, prácticamente de forma inmediata.

El sistema de Hollerith

Curiosamente, las situaciones del Poney Express y de Hollerith se hallan muy cercanas en el tiempo y en el espacio. Y, salvando las distancias, una explica la otra.

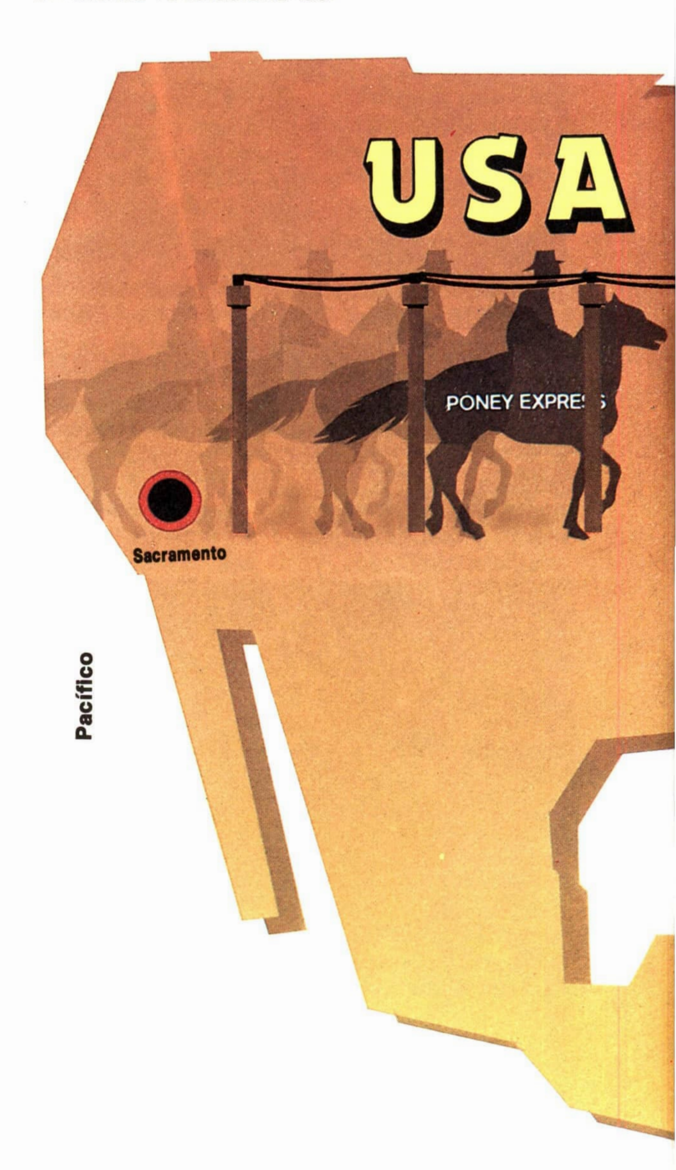
El aprieto en que se vieron los responsables de la Oficina Federal del Censo de los Estados Unidos era grande. El censo de población que se realizó en 1880 requirió siete años de trabajo, con lo cual la tarea iniciada tiempo atrás resultaba obsoleta a su fin. Y lo que era más preocupante, tendía a prolongarse de década en década a tenor del fuerte incremento demográfico y, por consiguiente, de datos. ¡Se corría el riesgo de entrar en un nuevo período de censo sin haber completado el anterior!

La organización del censo era manual. Para recortar la duración del proceso tan sólo se veía razonable contratar más personal. Pero con ello, no se haría sino contener los efectos del aumento de población y apenas se rebajaría el plazo, ya que también se debía considerar la complicación organizativa de una burocracia mayor.

La superación del problema llegó con la introducción de un nuevo sistema tecnológico. Hollerith desarrolló su máquina tabuladora, que se componía de lector de tarjetas, un contador, un clasificador y un aparato de tabular. Y realizó el censo de 1890 en, tan sólo, dos años y medio. La eficacia de su opción tecnológica mejoró en los siguientes decenios. De ello se ocupó el propio Hollerith y su empresa IBM.

La irrupción de la computación en nuestra sociedad es un buen modelo de sustitución de un sistema agotado por otro tecnológicamente superior. El ejemplo de la máquina tabuladora de Hollerith es elocuente. Otro tanto ocurre dentro del ámbito de la computación. Su brillante historia nos presenta situaciones similares, en las que una etapa es superada merced a invenciones revolucionarias.

El mapa de Estados Unidos del dibujo central ilustra los avances logrados con la inauguración del Poney Express (1860-1861), que consiguió reducir notoriamente el tiempo empleado por los antiguos sistemas de comunicación para cubrir la distancia entre Sacramento y Saint Joseph (Missouri) hasta diez días. Todo un récord para la época. La instalación del telégrafo provocó su rápida desaparición.



Evolución cronológica de la computación

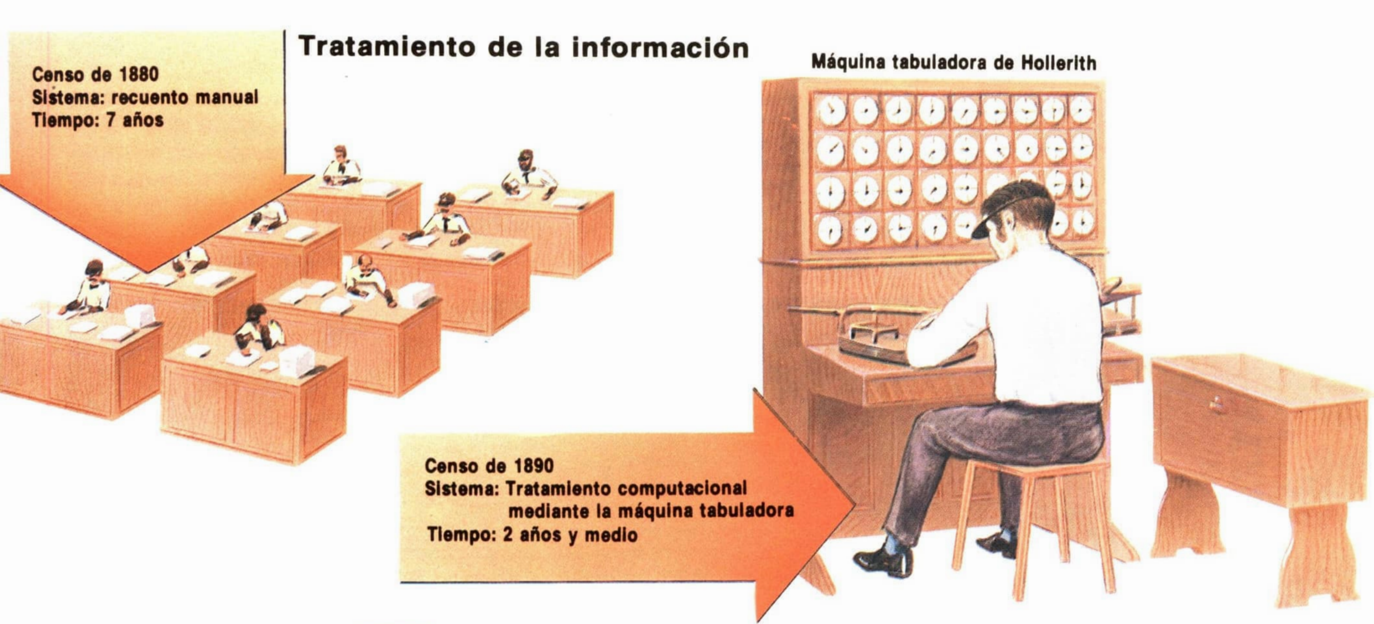
3000 a. J.C.
El ábaco es considerado como el más antiguo aparato de cálculo. Del griego abakos (superficie plana), se usa aún en muchos lugares de Asia.

Hacia 1623
Construcción de la primera máquina de calcular por el alemán Wilhelm Schickard. A pesar de que corresponde a este hombre la paternidad de la primera calculadora, la historia ha registrado a Pascal como su inventor.

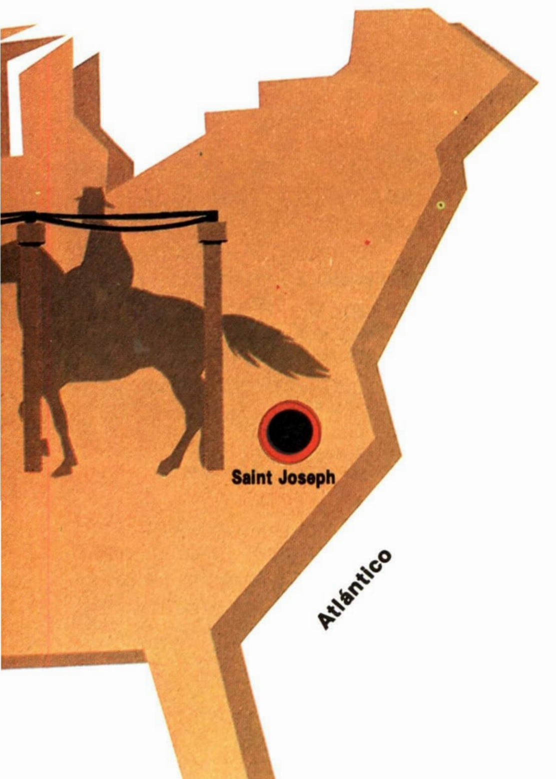
1642
La pascalina, primera calculadora mecánica conocida hasta fechas recientes, era una máquina basada en ruedas dentadas interrelacionadas, cuya rotación completa de una de ellas hacía girar un paso a la rueda siguiente. La pascalina sólo realizaba sumas y restas.

1671-1694
Gottfried Leibniz diseña su calculadora universal en 1671 y, tras sucesivas modificaciones, da por terminado el ingenio en 1694. Partiendo de los modelos de Pascal y de Samuel Morland, Leibniz ideó un ingenioso mecanismo para conseguir

Tratamiento de la información



El dibujo tratamiento de la información *ilustra de una manera comparativa el progreso realizado entre el sistema de recuento manual del censo, llevado a cabo en 1880 en Estados Unidos (7 años), y el realizado gracias a la máquina tabuladora de Hollerith (2 años y medio). La tabuladora de Hollerith sustituyó ventajosamente un sistema organizativo (el manual) ya agotado por otro tecnológicamente superior.*



que su calculadora realizara, además de sumas y restas, multiplicaciones, divisiones y raíces cuadradas. Este mecanismo fue bautizado con el nombre de rueda escalada de Leibniz.

1821
Charles Babbage diseña la máquina de diferencias, *capaz de calcular polinomios de sexto grado y tabular mecánicamente hasta veinte cifras y ocho decimales.*

1833
Babbage abandona por falta de subvenciones el perfeccionamiento de la máquina de diferencias *y emprende el proyecto más ambicioso de la historia de la computación: la* máquina analítica.

1944
Howard Aiken, de la Universidad de Harvard, con la ayuda de IBM, consiguió llevar a buen término el proyecto de la primera computadora electromecánica, emprendida en 1939 y cuyo proyecto oficial llevaba por nombre el de ASCC (Automatic Sequence Controller Calculator), *pero que ha sido conocida como MARK I.*

1946
Mauchly y Eckert presentan el proyecto del ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer).

El cálculo y las calculadoras mecánicas

LA CONQUISTA CONCEPTUAL DEL NÚMERO

El paso revelador de la capacidad de abstracción del ser humano se halla en el número. Las palabras que anteriormente ha acuñado el hombre primitivo responden a una función expresiva mucho más material e inmediata; el ser humano las pronuncia movido por la necesidad o el deseo. Con el número alcanza una conquista conceptual más alta. Puede afirmarse que se trata de la primera expresión propiamente racional de su pensamiento. Y el número se convierte en el instrumento que le ha de permitir elaborar unos conceptos abstractos, matemáticos, rigurosamente racionales.

Ello es verdad si lo consideramos como un fenómeno general. Su intrahistoria nos descubre —mediante investigaciones antropológicas llevadas a cabo en pueblos que actualmente permanecen en estadios primitivos— que el concepto de número abstracto se alcanza después de una etapa indeterminada en que el número es concebido como una característica concreta e inseparable de las cosas. Para cuantificar las cosas existen diferentes numerales, según los tipos de elementos materiales en que se divide la realidad. Y, también, de manera previa a la creación de números se produce la adquisición de métodos prácticos de numeración. El uso de dedos, piedras, cuerdas con nudos, etc., constituye un conjunto de diversos sistemas de cálculo conocidos en tiempos remotos. No es necesario saber nombrar los números para conocerlos.

La vía del cálculo abre nuevos caminos de indagación para conocer el mundo material que rodea al ser humano y también para conocer el mundo que le es lejano, el mundo celeste. La conquista de la escritura de la numeración se compone de muchos intentos con desigual fortuna. La historia de los diferentes sistemas de notación numérica es apasionante. Un hito monumental es la invención del número que designa el vacío o la nada, el cero. Otro hito es la consolidación de la notación posicional de los numerales. Finalmente, el sistema de numeración indo-árabe significa la consecución de una sólida madurez.

El ábaco constituye una catedral del cálculo. Es el más antiguo aparato de cálculo. Sus orígenes se remontan hacia el año 3000 a. de C. Y aún sigue en uso en muchos lugares de Asia. Su nombre procede del término griego «abakos», que significa *superficie plana.* Esta denominación proviene de la forma más primitiva conocida del ábaco, que consistía en un tablero cubierto de arena sobre el cual se marcaban unos surcos. En estos surcos se disponían piedras o cuentas. Posteriormente los surcos fueron sustituidos por alambres y las piedras, por bolitas o cuentas ensartadas.

El siguiente estadio de la evolución se produce con la invención de la calculadora mecánica. Este aparato se compone de ruedas dentadas y manivelas. Y los procesos de cálculo se aligeran. La calculadora mecánica es la madre de las calculadoras eléctrica y electrónica, y el antecedente de la computadora. A pesar de esta evolución, no siempre las nuevas técnicas son más eficientes que aquellas a las que teóricamente superan. Si se posee destreza es posible realizar cálculos con el ábaco con mayor rapidez que con calculadoras. En diversas ocasiones se han organizado concursos de cálculo en los que competían el ábaco y calculadoras eléctricas y electrónicas, y el ábaco ha logrado imponerse a sus contrincantes en muchas operaciones, incluidos los cálculos complejos.

LAS CALCULADORAS MECÁNICAS

El siglo XVII anticipa algunos elementos de la era contemporánea. En este siglo se sedimentan los principios teóricos de la ciencia. El racionalismo cartesiano y el empirismo lockiano inauguran una andadura sólida en el estudio de los fundamentos del saber. Al racionalismo se debe el perfeccionamiento de la matemática, tanto en su notación como en sus formulaciones. El empirismo, sin desatender la matemática, inicia el estudio de la Naturaleza y el desarrollo de las ciencias que a ésta se aplican.

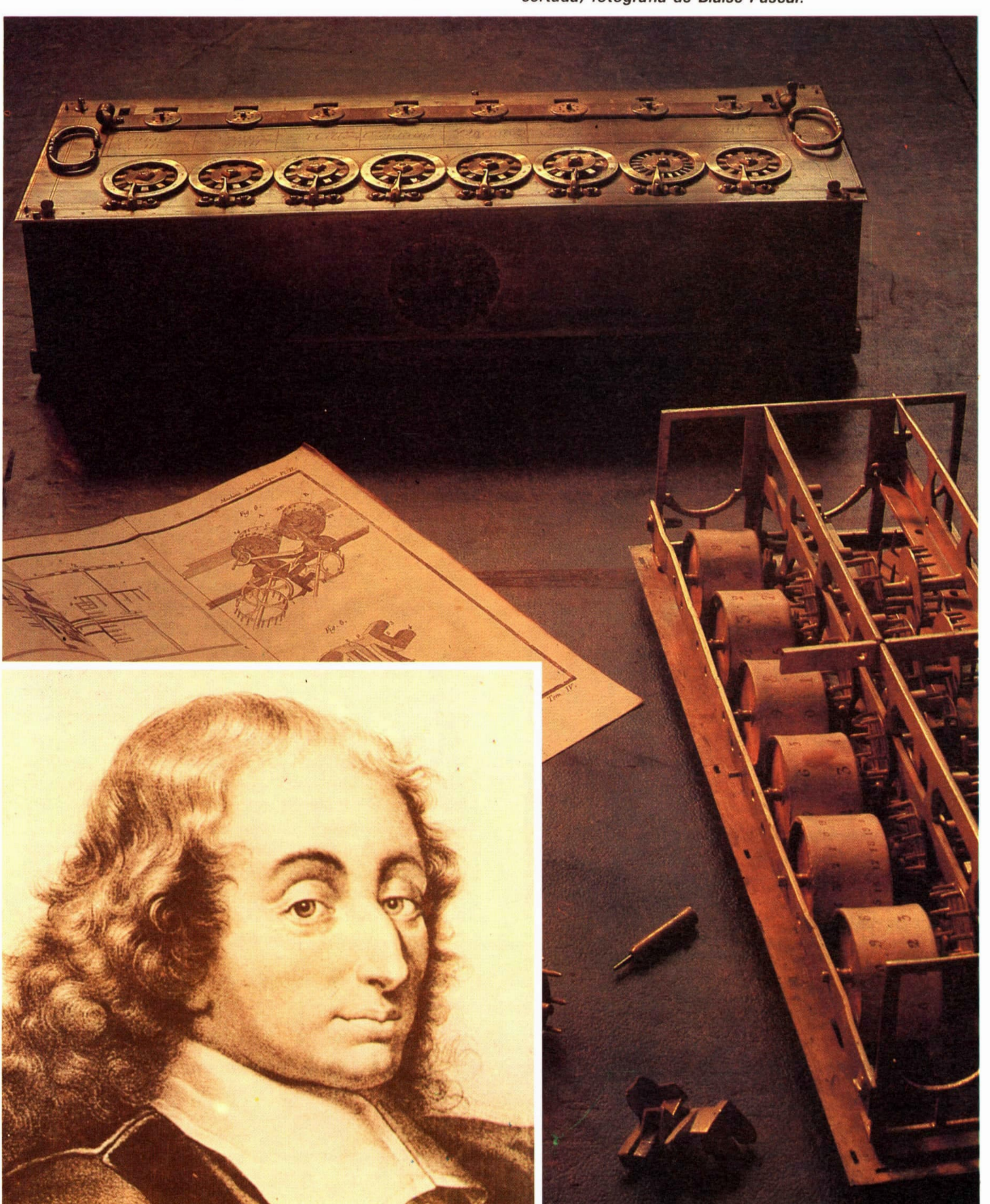
Entre los afanes universalistas se abre una brecha para la creación de aparatos de cálculos. No es casual que en el siglo en que se generan los fundamentos teóricos de la futura revolución industrial, aparezcan las primeras máquinas de cálculo. Simbólicamente anticipan el cambio tecnológico. Son un símbolo porque no alcanzan una aplicación generalizada o productiva. Por supuesto, tampoco pretenden tal sus creadores.

Si el mayor valor de estas calculadoras radica en su simbolismo tecnológico, tampoco

carecen de valor material o utilidad inmediata. Sobre este último aspecto hay que resaltar que estas calculadoras mecanizan las operaciones y marcan un corte sustancial con el ábaco, en el que el hombre ha de desplazar manualmente las cuentas y realizar las operaciones.

Se trata de una conquista que inicia el pro-

La fotografía superior presenta la pascalina con su complejo sistema de ruedas o calculadora de Pascal. En el dial de la parte superior aparecen las posiciones numéricas elegidas. En sección, el juego interior de ruedas. Esta máquina podía realizar sumas y restas. La máquina de Pascal se regía por el mismo principio que determina el funcionamiento del cuentakilómetros de un automóvil: la rotación completa de una rueda hace avanzar un paso a la siguiente rueda. Insertada, fotografía de Blaise Pascal.



ceso de automatización de los tratamientos de la información. Y se consolida con la creación de algunos prototipos realmente ingeniosos, tanto que su excelente concepción formal se ve limitada por las dificultades técnicas de su realización.

Pascal y la pascalina

Comúnmente se habla de Pascal como el primer constructor de una máquina de calcular. No es exacto. Este honor le corresponde a Wilhelm Schickard (1592-1635), alemán afincado en Tubinga. El acontecimiento, que ocurrió hacia 1623, ha permanecido ignorado hasta casi nuestros días. El interés por los inicios de la computación ha sacado a la luz este hecho, así como otro aún más espectacular. Se refiere a un proyecto de calculadora fechado entre los siglos XV y XVI. La firma pertenece a Leonardo da Vinci.

A pesar de la prioridad cronológica de Schickard, el verdadero protagonismo corresponde a Blaise Pascal, ilustre filósofo francés (1623-1662). Su aparato quedó listo en 1642. Obsérvese que la diferencia temporal entre la invención del alemán y la del francés es de veinte años escasos, lo cual apenas si representa distancia alguna, si consideramos los ritmos científicos del momento. Ello resta importancia a la cuestión de cuál fue el primero y asegura unas investigaciones paralelas. En ambos casos, la concepción es muy similar, sin que Pascal deba tributo a Schickard. La diferencia apreciable estriba en que la máquina de Pascal demostró positivamente su operatividad. Y en honor a su creador esta calculadora mecánica fue bautizada con el nombre de *pascalina*.

La precocidad que Pascal acreditó en las matemáticas y en el ensayo se proyecta también en el ámbito del cálculo. A los dieciocho años se planteó el problema de cómo eludir el engorro de las prolijas operaciones. Su padre era funcionario recaudador de impuestos y Blaise le ayudaba esporádicamente en la redacción de informes oficiales. El aventajado hijo se apercibió de lo tediosa que resultaba la tarea de sumar interminables relaciones de números. Y coligió que no era propio del hombre realizar estos cálculos rutinarios. De ahí su idea de fabricar una máquina realmente útil. Y ahí el origen del inestimable regalo que hizo a su padre. Podría calcular más cómodamente, sin duda, pero además lo haría con mayor rapidez y precisión.

Blaise Pascal

Blaise Pascal (1623-1662), filósofo francés, matemático y físico, ha sido considerado como el primer creador de una máquina de calcular. Aunque no fuera rigurosamente el primero, su calculadora «pascalina» inauguró con plena efectividad en 1642 una nueva etapa del cálculo, a la vez que acababa con la superioridad técnica del ábaco.
Construyó su máquina cuando sólo tenía diecinueve años, y lo hizo con la intención de ayudar a su padre, que era agente de impuestos, y por extensión para liberar a los hombres de la servidumbre de realizar cálculos repetitivos.

Rapidez y fiabilidad

La pascalina abultaba algo menos que una caja de zapatos. Tenía el aspecto de una caja baja y alargada. En su interior se disponían unas ruedas dentadas conectadas entre sí. Formaban una cadena de transmisión. Al girar completamente una rueda sobre su eje hacía avanzar un grado o paso a la siguiente. Las ruedas representaban el sistema decimal de numeración. Cada rueda constaba de diez pasos, para lo cual estaba convenientemente marcada con números del 0 al 9. El número total de ruedas ascendía a ocho, distribuidas de la siguiente manera: seis ruedas para representar los números enteros y dos ruedas más, en el extremo izquierdo, para la indicación de decimales. Con esta disposición se podía manejar números entre 000.000,01 y 999.999,99

Mediante una manivela se hacía girar las ruedas dentadas. Para sumar o restar no había más que accionar la manivela en el sentido apropiado, con lo que las ruedas corrían los pasos necesarios. Cuando una rueda estaba en el 9 y se sumaba 1, ésta avanzaba hasta la posición marcada por un cero. En este punto un gancho hacía avanzar un paso a la rueda siguiente. De esta manera se realizaba la operación de suma.

La pascalina no fue una máquina de un solo modelo. El filósofo y físico francés perseveró en su perfeccionamiento y aplicó generosamente su inventiva. Construyó una cincuentena de modelos, en su persecución de una calculadora que le satisfaciera. A pesar de ello, su meritorio esfuerzo no tuvo repercusión en las oficinas reales ni gozó de la aceptación de los colegas de su padre. La calidad técnica del invento de Pascal no fue suficiente para superar los impedimentos sociales. Los amanuenses y contables prefirieron seguir sus costumbres, en parte por rutina, en parte por temor a ser desbancados por la eficaz máquina. Y los empleadores o empresarios no vieron beneficio alguno en la compra de costosas máquinas, cuando el trabajo les era resuelto a muy bajo precio.

La calculadora de Leibniz

El sucesor ilustre de Pascal en esta carrera inventiva fue otro genio, el filósofo y matemático Gottfried W. Leibniz (1646-1716). Este intelectual alemán destacó por su precocidad y profundidad de pensamiento, más brillante e influyente que el de Pascal. Aprendió matemáticas de modo autodidacta y avanzó con sus propias capacidades intelectivas más allá de lo que se conocía. Se aplicó a problemas teóricos de cálculo y también demostró su habilidad con el diseño de una máquina de calcular.

Desde muy joven hizo patente su sensibilidad hacia las operaciones matemáticas. Por sí mismo aprendió a multiplicar. Esto le movió a estudiar las máquinas de cálculo que se habían construido hasta entonces (las de Pascal y del inglés Samuel Morland) y mejorarlas. Y lo cierto es que ideó una calculadora que no sólo sumaba y restaba sino que también podía multiplicar y dividir. Con ello se alcanza un hito soberbio, cuyos principios funcionales se han venido aprovechando hasta mediados del siglo XX.

De la concepción a la plasmación material de la idea, en su mayor perfección, se exige un largo esfuerzo. Su «calculadora universal», nombre con el que la bautizó se encarnó en un prototipo rudimentario en 1671. Y se benefició de posteriores mejoras hasta 1694, fecha en que Leibniz la consideró perfeccionada.

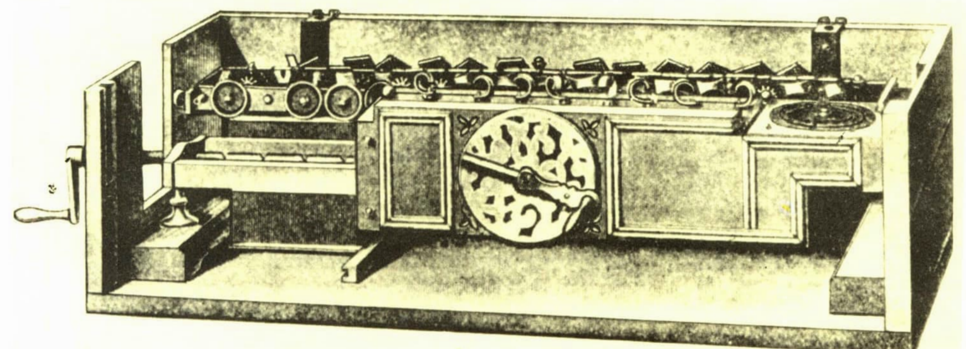
Comentábamos anteriormente la precocidad de Leibniz. Un dato para justificar esta obviedad: construyó su primer prototipo a la edad de veinticinco años.

Para conseguir la mecanización de multiplicaciones y divisiones, Leibniz ideó un brillante

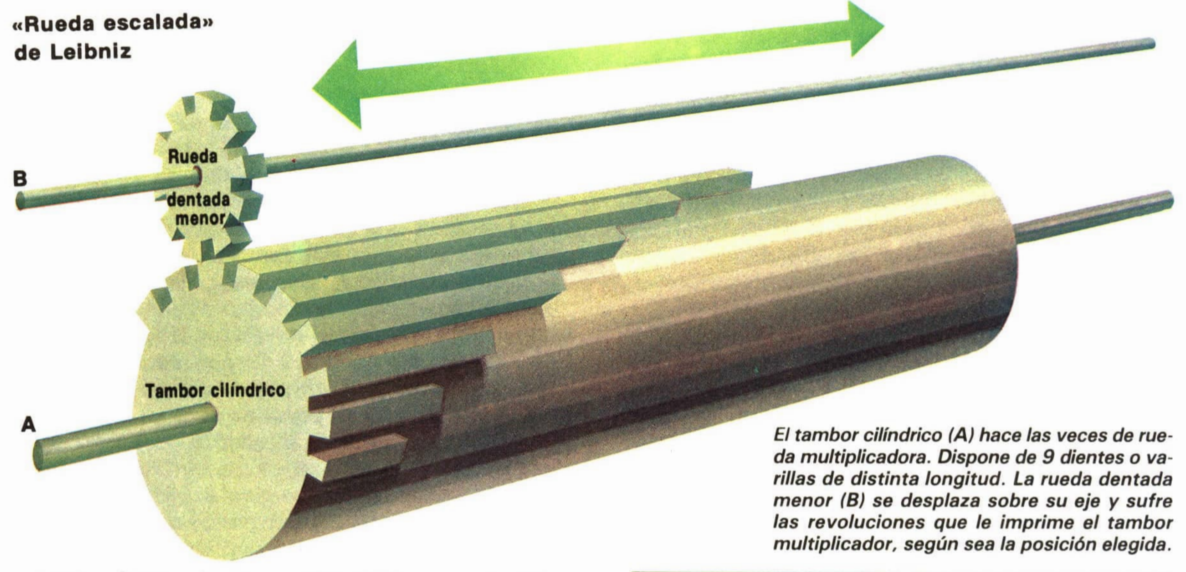
Gottfried Leibniz

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), insigne intelectual alemán, es recordado generalmente como filósofo y matemático. Su gran curiosidad científica le llevó a estudiar y documentar, con la profundidad del mejor especialista, los campos de la lógica, matemática, física, biología, ingeniería, historia, política, filología, jurisprudencia, metafísica y teología. Esta relación de intereses podría hacer creer que la suya fue una labor dispersa, mas no es así. Leibniz se esforzó por lograr una síntesis intelectual a la vez que propuso el establecimiento de un lenguaje universal, científico y formal. Relacionaba este proyecto lingüístico con su plan de reforma científica basado en un cálculo racional de índole lógico-matemática. La construcción de una —metafórica— «máquina de argumentar» acabaría con las disputas de los filósofos y sería una ayuda inestimable para descubrir nuevas verdades.
La brillante constelación intelectual de teorías y trabajos de Leibniz afecta de forma esencial a la computación y entra en su historia por tres grandes logros: la calculadora mecánica, la estructuración de procesos de resolución de problemas y el formidable perfeccionamiento del sistema de numeración binario.





Arriba, retrato de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), filósofo y matemático alemán. Abajo, la calculadora de Leibniz, a la que bautizó con el pomposo nombre de «calculadora universal». Diseñada en 1671, fue objeto de mejoras posteriores por parte de Leibniz hasta 1694. Leibniz ideó un ingenioso mecanismo para mecanizar multiplicaciones y divisiones: la rueda escalada que lleva su nombre.



El tambor cilíndrico (A) hace las veces de rueda multiplicadora. Dispone de 9 dientes o varillas de distinta longitud. La rueda dentada menor (B) se desplaza sobre su eje y sufre las revoluciones que le imprime el tambor multiplicador, según sea la posición elegida.

método. Consistía en un dispositivo que permitía realizar múltiples sumas y restas, con lo cual era posible multiplicar y dividir a voluntad. El mecanismo que posibilitaba estas aplicaciones consistía en un contador de pasos, que se instrumentalizaba mediante una larga rueda dentada cilíndrica con nueve dientes o varillas de longitud variable. La invención recibe el nombre de rueda escalada de Leibniz. En ella se fundamenta la función multiplicadora.

Esta rueda dentada en forma de tambor cilíndrico impulsaba la maquinaria de los cálculos por mediación de otra rueda menor. La pequeña rueda dentada podía desplazarse a lo largo de su eje por medio del impulsor de un dial que marcaba el número por el que se quería multiplicar o dividir. Ya en su posición, accionaba en el tambor cilíndrico un número de dientes idéntico al seleccionado para la operación. Si, por ejemplo, se trataba de una multiplicación por 4, repetía cuatro veces la suma de la cantidad dada.

Las calculadoras de Pascal y Leibniz chocaron con un gran inconveniente técnico. El desarrollo tecnológico de los siglos XVII y XVIII no estaba a la altura de sus diseños. La producción artesanal no alcanzaba el grado de precisión que se requería para determinar un ajustado funcionamiento de la maquinaria. La razón de los diversos modelos que atribuimos a cada uno de estos «ingenieros» del pensamiento y de la mecánica estriba en la búsqueda de las técnicas que asegurasen la mayor fiabilidad. La revolución industrial se haría esperar más de un siglo y, con ella, la posibilidad de la producción en serie con maquinaria precisa. No obstante, ahí estaban los prototipos de lo que habría de convertirse en una larga tradición de calculadoras mecánicas. Durante el siglo XVIII y XIX tan sólo se logró introducir variantes en el modelo de Leibniz. Por otro lado, a partir del XIX se superó la fisura entre la teoría y la práctica; se logró construir calculadoras precisas y económicamente asequibles, merced a unas mejores tecnologías. Es más, la ruptura con esta línea de avance desde Pascal y Leibniz no se ha apreciado en medios modestos del comercio y la pequeña empresa hasta entrada la segunda mitad del siglo XX.

La «rueda escalada» de la calculadora de Leibniz

Consistía en un dispositivo que hacía posible realizar múltiples sumas y restas, lo que permitía multiplicar y dividir a voluntad. El mecanismo que posibilitaba estas aplicaciones consistía en un contador de pasos, que se instrumentalizaba mediante una larga rueda dentada cilíndrica con nueve dientes o varillas de longitud variable.

Otros trabajos de Leibniz

Las grandes aportaciones teóricas de los precursores de la computación no se reducen a las máquinas descritas. De nuevo corresponde a Leibniz el mérito de ser considerado precursor destacadísimo. Su otra aportación es doble: la descomponibilidad de un razonamiento y el sistema binario de numeración. Estas dos construcciones teóricas pertenecen a un mismo edificio del saber, pues es notoria su voluntad de reunir el conocimiento humano en un ambicioso sistema.

A los catorce años concibió Leibniz la idea de que todas las proposiciones podían ser dispuestas según el orden en que hayan de suministrar materia a un encadenamiento de silogismos. Con mayor madurez escribió su obra *De*

Del cero al infinito

«Teóricamente, el número de sistemas de numeración es ilimitado. El más completo (para uso de las divinidades y de los ángeles) registraría un número infinito de símbolos, uno para cada número entero; el más simple sólo requiere dos. Cero se escribe 0, uno 1, dos 10, tres 11, cuatro 100, cinco 101, seis 110, siete 111, ocho 1.000... Es invención de Leibniz, a quien estimularon (parece) los hexagramas enigmáticos del I King.»

Jorge Luis Borges

Arte Combinatoria, relacionada históricamente con el *Ars Magna* del medieval Raimundo Lulio, la *Computatio sive Logica* de Hobbes y con los contemporáneos cálculos de probabilidad. La descomposición de las operaciones lógicas que construyen un proceso resolutivo, configura una notable aportación a futuras formulaciones de la programación computacional, tal como actualmente se entiende.

El segundo aspecto de la aportación teorética de Leibniz es su trabajo en el campo de la simbolización. El principio fundamental de su teoría del simbolismo es que nuestras expresiones han de reflejar la estructura del mundo. Para tal fin debía contar con símbolos para todas las nociones que hayan de tomarse como elementales o inanalizables y, también, con recursos apropiados para expresar nociones formales tales como las de predicación, conjunción, disyunción, conexión condicional, universalidad y existencia. Difícilmente podía cubrir un proyecto tan amplio, pero en la matemática Leibniz acreditó logros en materia de simbolización, tan útiles para desarrollos posteriores.

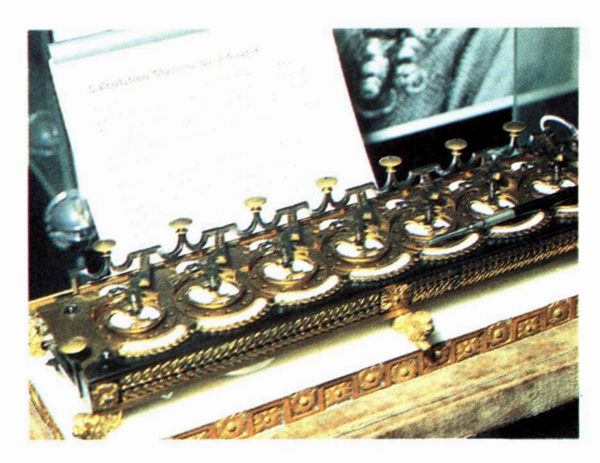
Tal es la potencialidad del cálculo infinitesimal y del sistema binario de numeración nodularmente implicado en la computación. A diferencia del sistema decimal u otros más complejos, la numeración binaria permitirá realizar las notaciones de cualquier número con tan sólo una base de dos elementos: el 0 y el 1. Con ello se consigue establecer un sistema de dicotomías, 0 ó 1, es decir, «no» o «sí», «cerrado» o «abierto». Esta simple oposición, perfectamente instrumentalizable mecánicamente, ofrece un amplio cauce para simbolizar toda clase de números, letras y funciones.

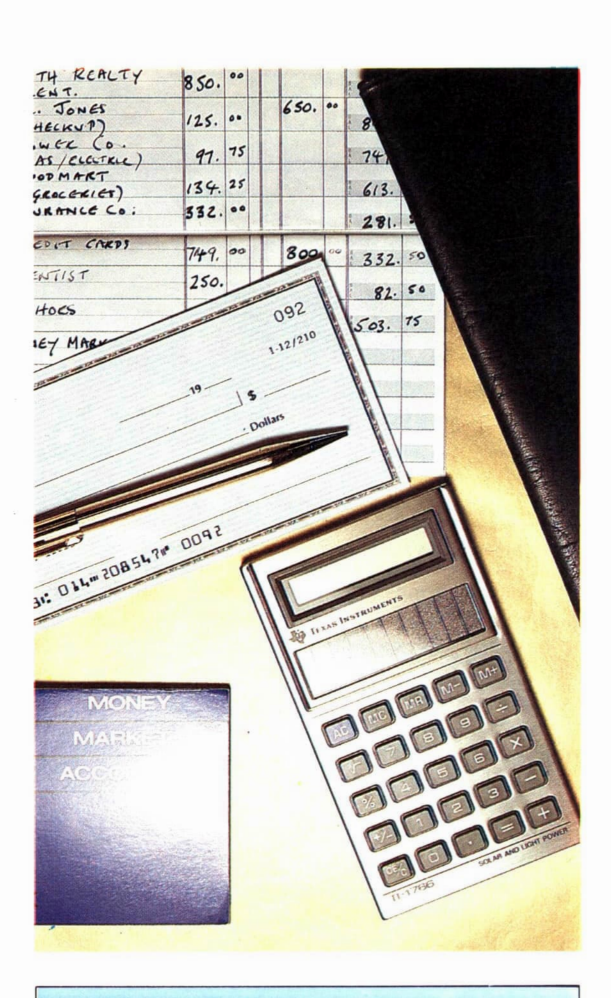
La saga de las calculadoras

La máquina de Leibniz abrió una saga de modelos similares, a los que se iba introduciendo ciertas variaciones y mejoras apreciables, sin alterar por ello la estructura básica. El número de aparatos de esta familia de calculadoras mecánicas superó generosamente el millar de modelos.

Calculadoras mecánicas más destacadas

Fecha	***Inventor***	***Características de la calculadora***
1820	Charles X. Thomas de Colmar	«Aritmómetro» (Su éxito comercial se hizo patente a partir de 1860)
	George Barnard Grant	Calculadora compacta de cremallera y piñón
1872	Frank Baldwin	Primera calculadora Baldwin. En 1875 aplicó a la calculadora una rueda multiplicadora provista de clavijas móviles que se desplegaban o retraían y así modificaban el número de dientes
1879	James Ritty	Invención de la caja registradora. (Aplicación especial de la calculadora al comercio)
1884	John Patterson	Comercialización de la caja registradora bajo la marca *National*
1885	Dorr E. Felt	«Comptómetro». (La simple presión de las teclas genera la energía necesaria para la actividad de la calculadora)
1888	William S. Burroughs	«Máquina de sumar e imprimir». (A la función de calcular se une la de imprimir los datos introducidos y el total)
1892	Léon Bollée	Calculadora que extrae las raíces cuadradas de cantidades de hasta 18 cifras
1910	Baldwin y Odhner	Calculadora modelo «Brunswiga»





Las fotografías de arriba y de la derecha dan fe de la profunda diferencia que separa las primeras calculadoras, como la de J. Sauter (arriba), de las más modernas que hoy forman parte de nuestro entorno cotidiano, como la que aparece en la mesa repleta de papeles de la fotografía de la derecha. Las calculadoras mecánicas, en efecto, experimentaron un salto importante cuando incorporaron la energía eléctrica, convirtiéndose en calculadoras electro-mecánicas. Sin embargo, éstas últimas, con un dispositivo de impresión incorporado, no han podido hacer frente al progreso meteórico de las calculadoras electrónicas, preferibles por muchos conceptos, entre los cuales cabe destacar el peso, el tamaño, la capacidad operativa, la fiabilidad y la rapidez.

En el cuadro de la página anterior se recogen las fechas, autores y características de las más destacadas calculadoras mecánicas. Muchas de estas invenciones poseen una rica intrahistoria de variantes comerciales que se suceden a lo largo de los años de su vida útil. Cuando se entra en el siglo XX, se comprueba que la relación de los modelos de calculadora resulta comúnmente muy diversa y prolija.

La relación de los modelos de las calculadoras mecánicas y la indicación de los elementos técnicos que éstas incorporan, constituye una parte importante de su evolución, la primaria y más cercana a su naturaleza. La segunda parte o aspecto de esta evolución se cifra en su adaptación para el uso de energía eléctrica. De esta manera, las calculadoras mecánicas y los aparatos derivados de la misma idea original que concibieron Pascal y Leibniz, entre otros, se convierten más tarde en calculadoras electromecánicas.

Estas últimas, dotadas por regla general de un dispositivo de impresión incorporado, no han podido soportar el duro embate de las calculadoras electrónicas, preferibles por muchos conceptos, entre los que se cuentan el peso, el tamaño, la capacidad operativa, la fiabilidad y la rapidez.

Dos estadios en la historia del cálculo

La calculadora electromecánica y la calculadora eléctronica se han sucedido en el tiempo. La electrónica ha sustituido a la electromecánica en unos pocos años.
Resulta sorprendente comprobar con qué rapidez cierto tipo de aparatos pasan a la historia del cálculo y quedan como verdaderas curiosidades en un museo particular. Aún así, todavía se pueden encontrar discretamente en uso calculadoras electromecánicas.
Es una actividad curiosa e instructiva realizar una comparación de estos dos tipos de calculadora. Para ello bastará cotejar algunos aspectos fácilmente cuantificables. Los resultados se pueden disponer en un cuadro y calcular el porcentaje de incremento o disminución de las magnitudes. A continuación, cualquier consideración acerca de lo que nos revelan estos datos podría resultar muy aleccionadora.

Los pioneros de la computación

Principios de la computación en aparatos musicales

Las pianolas u organillos funcionan siguiendo el mismo principio del telar de Jacquard o de las viejas computadoras: una tira de cartón convenientemente perforada mecaniza una melodía. Con sólo darle a la manivela avanza la larga «tarjeta» perforada y suenan las notas de la canción. Ello es posible porque la disposición de las perforaciones constituye una memorización de instrucciones que el aparato musical interpreta mecánicamente.
En las cajas de música, podemos encontrar un dispositivo muy simple e ingenioso: la sonería. Se basa en el mismo principio que rige el organillo, aunque con algunas diferencias. Así como el organillo ejecuta tantas piezas distintas como «programas» disponibles haya, la sonería sólo produce una melodía, la que está programada en un cilindro metálico. Por consiguiente, cada sonería está preparada para un solo efecto.
Y, además, su ciclo musical es muy corto, aunque tiene la ventaja de ser indefinido por no tener solución de continuidad.
Otra diferencia señalable es la ausencia de agujeros o perforaciones en sus piezas. La programación se realiza mediante salientes dispuestos en el cilindro giratorio. Un juego de lengüetas reproduce las notas musicales. Éstas se hallan colocadas de forma perpendicular al rodillo. Cuando alguna lengüeta encuentra un saliente, se levanta y, al caer de nuevo, vibra y produce el sonido previsto.
El funcionamiento del telar que Jacquard inventó en 1801 es muy similar a los ejemplos de la pianola, el organillo o la sonería. Una serie de tarjetas pasan sobre unas varillas. De estas varillas están prendidos hilos de diversos colores. Las perforaciones de las tarjetas determinan de forma mecánica qué varillas intervienen (y sus correspondientes hilos) en la formación del tejido y la disposición de los dibujos.

EL ORIGEN DE LA PROGRAMACIÓN

En los inicios del siglo XIX se produce una invención muy importante para la computación cual es el origen de las técnicas de programación. Curiosamente, su fuente no se halla en el cálculo sino en la industria textil. Se trata del telar automático diseñado por el francés Joseph Marie Jacquard (1752-1834). El telar de Jacquard tiene un efecto indirecto pero eficaz en el desarrollo de la prehistoria de las modernas computadoras.

Este técnico francés inventó en 1801 un telar singular. La máquina tejía de forma automática, siguiendo un patrón o «programa» de trabajo. De esta manera producía tejidos según el modelo que se le había proporcionado, y se ajustaba a él escrupulosamente. Realizaba en la tela el dibujo deseado. Cambiando las indicaciones del «programa» cambiaba el resultado de su labor.

El secreto estaba en unas tarjetas perforadas. Éstas determinaban el dibujo en el tejido. Las tarjetas perforadas formaban una ristra o cadena que se introducía en la máquina a modo de instrucciones. Su funcionamiento respondía a una idea de ingeniosa simplicidad. Permitía reproducir sobre la tela dibujos complejos formados por colores diferentes. El movimiento de los lizos y la combinación de trama y urdimbre se controlaba por medio de unos cartones agujereados que se realizan según un modelo previsto.

Lo fundamental de esta innovación técnica es que varía el curso de los futuros desarrollos computacionales porque realiza tres aportaciones teóricas muy poderosas:

- *Un modelo de automatización.* En la producción fabril, la intervención manual queda superada por procesos automáticos susceptibles de diversificar sus productos o resultados. El mecanismo de Jacquard, que se sigue utilizando sin cambios sustanciales hoy día en el sector textil, provee un modelo de automatización de los procesos de producción diversificada. La producción diversificada se opone a la de un solo propósito o específica.
- *La codificación de la información.* Por vez primera la información es codificada. Los cartones perforados constituyen la información que se introduce y el tejido es el resultado. Las primeras computadoras se sirvieron del

Un ordenador del siglo XIX

La máquina analítica como analogía de la máquina
Los principios funcionales de la máquina analítica (1833) de Babbage llevan un siglo de adelanto con respecto a su época y tan sólo pueden aplicarse con efectividad a la nueva era de la información o posindustrial, ya mediado nuestro siglo. Aún así, a efectos explicativos cabe establecer una comparación entre el esquema de funcionamiento de la máquina analítica y una fábrica, tal como se podría concebir ésta en el siglo pasado. Así, un término se convierte en analogía del otro. De hecho, algunas de las técnicas empleadas por Babbage corresponden a las de uso común en la industria que le era contemporánea.

Materias primas → (mecanismos de entrada)
La fábrica computacional de Babbage se nutre de recursos o materias primas. Éstas constituyen los elementos de entrada, en forma de tarjetas perforadas. Y hay dos tipos de elementos, con sus puertas de recepción correspondientes: los datos y las instrucciones. La combinación de datos e instrucciones configuran el planteamiento del problema.

Dirección → (unidad de control)
La recepción de los materiales y de las indicaciones para su tratamiento corre a cargo de un centro de recepción, que se hace cargo de las partidas que ingresan en la fábrica y distribuye las tareas entre los operarios. El director media en todos los flujos de información. Por él pasan los resultados de las operaciones y les da salida como resultado final o los adscribe temporalmente a la memoria o almacén.

Taller → (unidad aritmético-lógica)
Todas las operaciones aritméticas y lógicas se realizan en una oficina de contables. Realizan todos los cálculos, siguiendo fielmente los procedimientos y ritmos que indica el director.
Babbage denomina a esta parte de su máquina con el nombre de «taller», aunque en ella incluye a los operarios de contabilidad y al director.

Almacén → (memoria)
Según las órdenes del director, en el almacén se guardan cantidades

mismo sistema, con la particularidad de que las tarjetas se utilizan como «input» o información introducida y que el «output» o resultado es la información que se deriva del proceso.

- *La programación de las instrucciones.* Un último concepto es el referido a la articulación de la información almacenada en las tarjetas en series de instrucciones. La provisión de una cadena de tarjetas conduce al modelo de programa y a la organización del proceso mediante las técnicas de programación.

Las aportaciones de Jacquard son muy valiosas para la computación. De hecho, el modelo de automatización, que se apoya en la codificación de la información y la memorización de instrucciones, sigue vigente tanto en el medio original para el que fue desarrollado como en los «cerebros electrónicos». Y no es ello todo, ya que a la indudable pervivencia de estos principios se superpone la excepcional continuación en activo, hoy día, de algunas computadoras que se alimentan de tarjetas.

BABBAGE, EL PADRE DE LA COMPUTADORA

Si alguien merece con mayor propiedad una distinción especial es el histórico Charles Babbage (1791-1871). Debe calificarse a Babbage como padre de la computadora. A su excelente formación matemática, este inglés añadió interés y capacidades inventivas notables.

Esta gran personalidad del siglo XIX, matemático e inventor, fue un adelantado de su época. De la década de los treinta del siglo XIX data el diseño original de su computadora, prácticamente idéntico a la primera computadora realizada tiempo después. La separación temporal entre el proyecto de Babbage y su materialización definitiva es de más de cien años.

Hasta las revolucionarias innovaciones de Babbage, los aparatos de cálculo aportaban una operatividad escasa. Se ha de tener en cuenta que se trataba de *calculadoras mecánicas* y no *computadoras,* cuyo concepto aún no estaba postulado. Las calculadoras de la época permitían la introducción de números y la obtención de los resultados correspondientes. Tales resultados a simples operaciones aritméticas. A tal efecto, los aparatos disponían de mecanismos de cálculo.

De la somera descripción de la calculadora podemos extraer algunos elementos que también serán propios de la computadora. En la calculadora hallamos elementos asimilables a las unidades de entrada, salida y proceso de una computadora.

No obstante, para alcanzar el estadio propiamente computacional debían superarse unas

carencias sustanciales. Las calculadoras mecánicas requerían la permanente intervención de un operador. Esta falta de automatización viciaba los intentos de mejora debido a una deficiente velocidad de operación y a un insuficiente nivel de fiabilidad. Dos vicios, éstos, interrelacionados. Por otro lado, la capacidad operativa debía trascender la mera aritmética y abrirse al ámbito lógico, incluyendo relaciones de unión, intersección y negación. Y, finalmente, también se exigía diseñar el aparato computacional de tal manera que fuera de propósito general y no sólo apto para alguna actividad especializada e invariable.

La máquina de diferencias

Charles Babbage concibió —a la edad de veinte años, en 1811— una máquina de cálculo nueva, cuya realización no iniciaría sino hasta una década después. A la sazón era un joven estudiante que se aplicaba a las tablas numéricas y observaba con frecuencia errores en éstas. La causa de los errores no era única, y se hallaba tanto en el cálculo original como en los trabajos posteriores de impresión, en los que se componía a mano los textos y no siempre con fidelidad.

Estas inexactitudes preocuparon a Babbage y las tomó como un problema que demandaba una solución. Finalmente, concibió la idea de fabricar una máquina que automáticamente calculara los guarismos y los imprimiera. He aquí que ésta debía cumplir una doble función. Con ello se alcanzaría un grado de fiabilidad notablemente superior. Su máquina serviría para el cálculo de polinomios. La obtención del valor numérico de los polinomios derivaría provechosamente en el cálculo de las tablas de funciones matemáticas.

Su idea maduró lo suficiente como para intentar la esperada realización. En 1821 logró fabricar un pequeño prototipo de su calculadora, a la que llamó *Máquina de diferencias («Difference engine»)*. Dos años después, en 1823, el gobierno le concedió una subvención y pudo acometer a continuación la construcción de la máquina definitiva.

Si el prototipo (n.º 1) cubría los polinomios de segundo grado, el proyecto real (n.º 2) se ceñía al cálculo y tabulación mecánica de hasta veinte cifras, ocho decimales y polinomios de sexto grado. El intento de realizar una versión más potente no llegaría a buen término, a pesar de los esfuerzos que prodigó durante una década.

Efectivamente, se entró en la década de los treinta y la máquina quedó definitivamente incompleta por razones intrínsecas y extrínsecas al proyecto. Desde el punto de vista intrínseco, el diseño de la compleja maquinaria precisaba



Charles Babbage.

con las que no se opera momentáneamente, en espera de utilizarse en operaciones sucesivas. Los resultados parciales se transfieren al almacén y de él se rescatan posteriormente.

Memoria → (mecanismos de salida)
El resultado de todo el proceso es la fabricación de unos productos. Para ser más precisos, la máquina analítica produciría resultados de problemas planteados. Una unidad de impresión o tabulación codificaría el resultado.
Estos cinco principios pueden ordenarse, a su vez, en un esquema de tres elementos: entrada o planteamiento (n.º 1), proceso (n.º 2, 3 y 4) y salida o resolución (n.º 5).
La máquina analítica estaba preparada para recibir cualquier problema, con un planteamiento convenientemente estructurado, procesarlo mediante el análisis o desmenuzamiento en operaciones parciales y, finalmente, proveer la solución.
Como cualquier fábrica del siglo XIX, la máquina de Babbage había de disponer de una caldera de vapor para suministrar la no despreciable cantidad de energía necesaria para accionar los prolijos mecanismos.
Seguramente la humareda de la caldera y el fragor de los engranajes no serían lo único espectacular.
También las considerables dimensiones de la máquina llamarían la atención. Baste considerar que el almacén de memoria dispondría de mil columnas de cincuenta ruedas cada una. Cada rueda se utilizaría para «recordar» un número.

Charles Babbage

Charles Babbage (1791-1871), matemático e ingeniero inglés, proyectó y realizó parcialmente máquinas calculadoras de diseño revolucionario. Es un precursor de la «máquina generalizada» de Turing. Estudió en el Trinity College (Cambridge) y cultivó el análisis matemático. Contribuyó al desarrollo de la matemática en el Reino Unido con la profundización en el cálculo infinitesimal de Newton y en el cálculo diferencial e integral de Lacroix. A propósito de estos intereses, fue cofundador, junto con Herschel y Peacock, de la Sociedad Analítica (1812). De igual manera, atraído por los temas de mecánica y astronomía, participó en la creación de la Sociedad de Astronomía (1820). Y también tuvo relación con la fundación de la Sociedad de Estadística (1824).

En 1833, Babbage tuvo que abandonar su proyecto de una nueva máquina de diferencias, la n.º 2. Un año después un ingeniero sueco, George Scheutz, conoció casualmente un informe técnico que exponía los progresos técnicos de Babbage. Scheutz se sintió atraído por la experiencia y se propuso continuarla por sí mismo. Incorporó variantes en el diseño de algunas partes y logró finalizar su prototipo en 1840. Al igual que ocurrió con Babbage en su momento, el ingeniero Scheutz consiguió interesar al gobierno sueco. Recibió apoyo económico para elaborar mejoras en el aparato. Su máquina de diferencias n.º 2 entró en funcionamiento en 1860.

Estos hechos merecen consideración por aquello que revelan: la extraordinaria amplitud de intereses científicos que Babbage albergaba y la avasalladora curiosidad intelectual que le caracteriza. Por supuesto, comprobamos que su gran segmento de investigación se amplía espectacularmente al incluir en él los trabajos computacionales que a su persona se deben. Estos estudios teóricos y desarrollos prácticos sobre computación conforman el foco de su actividad predominante.

A partir de una idea concebida en 1812, inició una década después la construcción de la máquina de diferencias. Con esta calculadora pretendía llevar el cálculo mecanizado más allá de las corrientes aplicaciones administrativas y de contabilidad comercial. De tal manera facilitaría el mayor perfeccionamiento. Y desde el punto de vista externo, la ingeniería de la época restaba eficacia a los mecanismos. La resistencia y ajuste requeridos determinaban que se utilizaran metales duros para la fabricación de las piezas, como los engranajes y los ejes. Y el resultado era deficiente e impreciso. El ajuste de las piezas no respondía al modelo, que teóricamente, resultaba impecable.

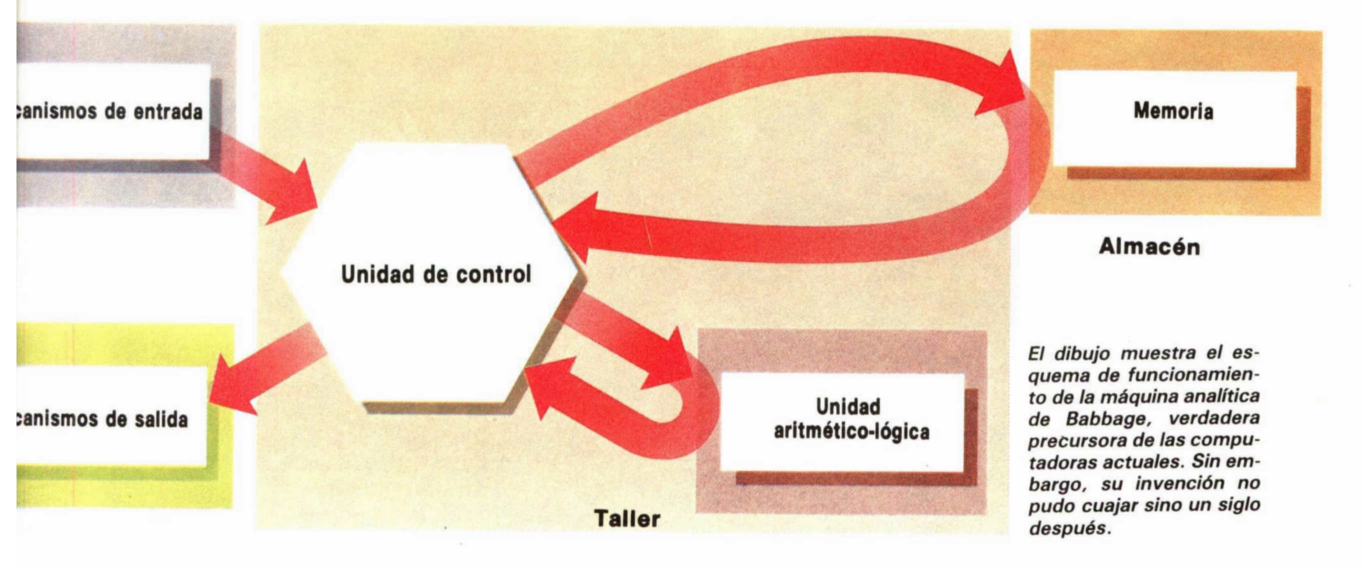
La máquina de diferencias consistía en un amplio conjunto de engranajes exquisitamente interconectados. Evidentemente, el grado de tolerancia necesario era muy estrecho. Pero la mecánica del tiempo no estaba a la altura de las exigencias del genio de Babbage. El moldeado y la mecanización de las piezas viciaban los resultados. Los inapreciables excesos en la tolerancia de los engranajes se acumulaban de manera exagerada dada la interdependencia de todas las partes de la maquinaria. Se construyó la máquina repetidas veces y el resultado no satisfizo pues ésta sufría vibraciones y sacudidas intolerables que alteraban su funcionamiento radicalmente.

Se agotó la ayuda económica del gobierno. Y el proyecto no progresó. No obstante, Babbage no sólo no dudó de la calidad de su idea sino que profundizó en el camino que había iniciado y, en un alarde de ingenio y creatividad, concibió otro proyecto mucho más ambicioso, fue mucho más allá. Concibió su *máquina analítica.* En este aparato revolucionario reconocemos los rasgos distintivos de la computadora.

Si el prototipo de la máquina de diferencias conduce a Babbage a un estadio teórico superior, también ejerce efectos prácticos. Merced a ella, el propio inventor confeccionó tablas numéricas y publicó las tablas de logaritmos de números naturales del 1 al 108.000. E indujo al activo inglés a realizar consideraciones analíticas sobre logaritmos y funciones. También, la máquina de diferencias se utilizó para calcular tablas de navegación y de tiro artillero y, de manera extensiva, facilitó el trabajo de matemáticos y demás científicos, técnicos y economistas.

La máquina analítica

Al eclipsarse la realización de la máquina de diferencias, Babbage jugó más fuerte. Ideó una máquina que respondía a unas características absolutamente nuevas. A ella dedicó sus esfuerzos a partir de 1833 y hasta su muerte. Se trataba de la máquina analítica *(Analytical engine),* precursora de la computadora del siglo XX. ¿Cuál era su funcionalidad? Enunciada de manera sintética, consistía en una máquina de calcular de carácter polivalente, con la capacidad de operar de formas distintas en virtud del tipo de problemas que se planteara. Esta definición



El dibujo muestra el esquema de funcionamiento de la máquina analítica de Babbage, verdadera precursora de las computadoras actuales. Sin embargo, su invención no pudo cuajar sino un siglo después.

recurre al concepto de una máquina de propósito general y conviene por igual al aparato de Babbage como a la computadora moderna. Ciertamente, es propio de los dos elementos que comparamos el que la estructura de la máquina permita alterar la secuencia de operaciones en virtud del resultado de los cálculos inmediatamente anteriores.

ELEMENTOS DE LA MÁQUINA ANALÍTICA

Los elementos materiales de su estructura eran similares a los de la máquina de diferencias, es decir, engranajes y ejes, pero con la novedad de que la energía para mover toda la maquinaria no sería generada por un operador sino por una máquina de vapor. Este cambio del tipo de energía usado revela un aumento muy sensible del tamaño del aparato proyectado, por un lado, y la aplicación de controles de regulación por otro.

No obstante lo dicho, las diferencias abismales con lo conocido hasta entonces en las máquinas de cálculo se hallan en lo que sigue. Como sea que la estructura de la máquina analítica permitía múltiples usos, su gobierno debía realizarse mediante la introducción de las instrucciones codificadas en tarjetas perforadas. Además, el funcionamiento del aparato había de poseer una memoria en la cual almacenar las instrucciones. De esta manera, las instrucciones intervenían en los momentos oportunos para regular los cálculos.

En la máquina analítica hallamos los elementos básicos de la computadora actual:

— mecanismos de entrada;
— memoria;
— unidad de control;
— unidad aritmético-lógica;
— mecanismos de salida.

El paralelismo entre el proyecto de Babbage y los desarrollos de nuestro siglo es asombroso, tanto más cuanto no existe la tributación de unas experiencias en otras.

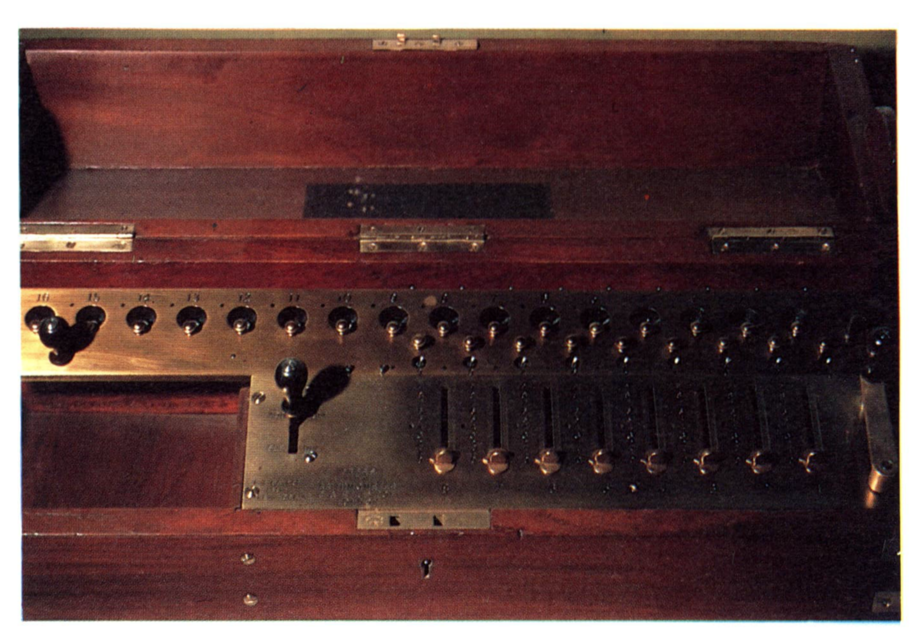
trabajo calculatorio de los científicos. Para ello se basó en el método de las diferencias, como vía para la simplificación del cálculo de logaritmos. El prototipo que realizó en 1821, con capacidad para resolver polinomios de segundo grado, convenció al gobierno británico para conceder una subvención. Dificultades en la fabricación de las piezas impidieron culminar el proyecto. Babbage lo abandonó ya iniciada la década de los treinta por una invención mucho más original y potente, la máquina analítica. En ella se reconocen los principios funcionales de la computadora moderna, con la posibilidad de resolver problemas de diverso tipo mediante la alteración de los procesos operativos. Disponía de dispositivos de entrada y salida, unidad de control, unidad lógico-aritmética y memoria. La programación se realizaba mediante la introducción en el aparato de fichas perforadas.
El ambicioso proyecto de la máquina analítica tampoco pudo realizarse por razones económicas e industriales, aunque sí materializó su inventor una parte del diseño. Su amiga Ada Augusta Byron colaboró en la difusión de los trabajos de Babbage y realizó los primeros programas.
Otras actividades de Babbage se orientaron a la realización de cálculos y a la publicación de tablas númericas relativas a logaritmos y funciones.
A partir de ello elabora unas interesantes consideraciones analíticas. En 1832 publicó una obra que resumía sus experiencias en la tecnología de punta y expresaba sus reflexiones sobre la organización del sistema de producción. La obra On the Economy of Manufactures and Machinery *(Sobre la economía de la*

producción y la maquinaria) *aportaba los principios racionalizadores de la producción fabril y se fundamentaba en dos elementos: las máquinas y la división del trabajo. Con fino análisis, el investigador sancionaba los efectos de la reunión de ciencia y técnica en el ámbito de la empresa. También publicó una autobiografía intelectual,* Passages from the life of a Philosopher *(Londres, 1864) y el texto técnico* Calculing Engines *(Londres, 1889, en edición póstuma). Entre los años 1828 y 1839 fue profesor de matemáticas en Cambridge. Ocupó la cátedra que perteneciera a Newton, pero su permanencia en Cambridge resultó polémica porque, absorbido por los experimentos mecánicos, desantendió completamente su labor docente. Polifacético y vital incursionó en los terrenos de la física y de la técnica versátil. En física experimentó sobre el magnetismo. Y diseñó invenciones tan diversas como pueden serlo un sistema de navegación submarino o un nuevo tipo de comunicaciones ópticas. Su prototipo de la máquina de diferencias se utilizó en cálculos artilleros y de navegación.*
Su mayor actividad, a pesar de todos estos trabajos, fue la maduración y promoción del proyecto de la máquina analítica. Ésta había de ser el primer calculador numérico universal, y en la máquina universal se recogían los elementos de la moderna computadora.

De manera más concreta, estos son los elementos directores de la invención babbagiana:

- *Mecanismos de entrada.* Las tarjetas perforadas alimentan de información a la máquina. Se hace la distinción entre dos tipos de tarjetas, con entradas distintas en la máquina:
  — tarjeta relativas a datos;
  — tarjetas relativas a instrucciones o constitutivas de programas.
- *Memoria.* La previsión cifraba su capacidad máxima de almacenamiento en mil números de cincuenta cifras. Su instrumentalización consistiría en un conjunto de mil columnas de cincuenta ruedas cada una. La memoria correspondía al «almacén» de la máquina.
- *Unidad de control.* La unidad de control es el mecanismo que rige la realización de las operaciones según un orden necesario, tal como está escrito en el programa o conjunto de instrucciones.
- *Unidad aritmético-lógica.* Esta unidad realiza las operaciones de cálculo numérico y discriminaciones lógicas. Babbage se refería a ese mecanismo con el nombre de «taller».
- *Mecanismos de salida.* La idea de utilización de tarjetas perforadas procede del modelo de telar del francés Jacquard. Este industrial aplicó a principios del siglo XIX ristras de tarjetas y conseguir automáticamente la confección de tejidos con dibujos distintos.

Babbage nunca vio realizado su ambicioso proyecto. A pesar de sus intentos no obtuvo ningún apoyo económico para embarcarse con profundidad en las investigaciones necesarias y materializar su objetivo. Con una devoción casi obsesiva, dedicó el resto de su vida y sus recur-



A la derecha, aritmómetro de 1895, máquina de cálculo diseñada por el ingeniero español Leonardo Torres Quevedo. En la página de la derecha, arriba, fachada del Trinity College de Cambridge, centro donde desarrolló sus estudios Charles Babbage, auténtico padre de las computadoras. Fue ya en las aulas del Trinity College donde empezó a bosquejar algunos de sus geniales proyectos que habían de culminar en la máquina analítica. Abajo, máquina perforadora Samas, construida en 1929.

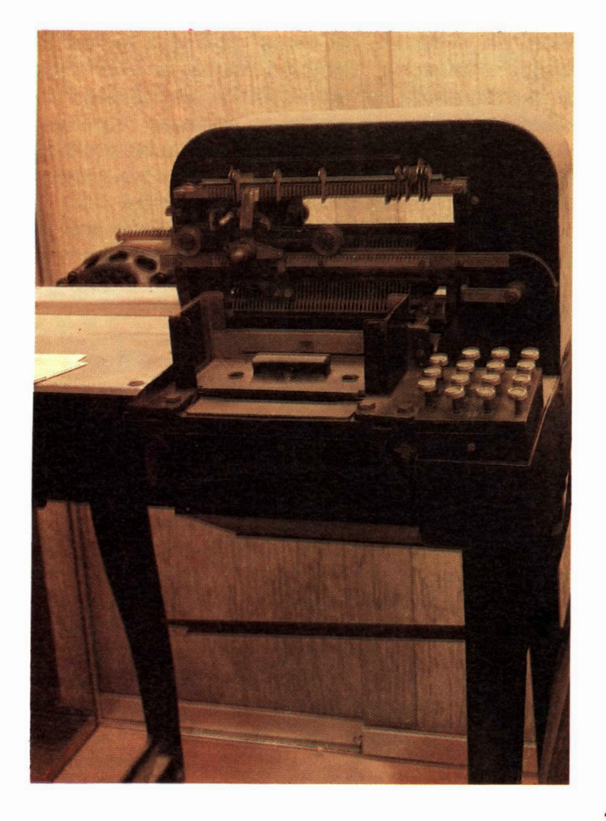
sos a diseñar piezas y esquemas de la máquina analítica, con la esperanza de poder comprometer en el proyecto a socios capitalistas. Hasta tal punto fue profeta de su extraordinaria invención, que su comportamiento fue considerado excéntrico, por no decir desquiciado. Tras su muerte, que ocurrió en 1871, dejó como legado una notabilísima herencia tecnológica que no fue valorada hasta mucho tiempo después, a pesar de la existencia de algunos continuadores de su obra. Tal fue, entre otros, el muy activo investigador español Leonardo Torres Quevedo (1852-1936), matemático, ingeniero e inventor, que construyó una máquina de cálculo a la que dio el nombre de *aritmómetro*. Con sus innovaciones, Babbage se adelantó no sólo a las capacidades de su época sino también a sus necesidades.

La primera programadora

Ada Augusta Byron (1815-1852), condesa de Lovelace e hija del poeta romántico Byron, fue, sin duda, una de las principales fuentes de información sobre los trabajos del padre de la computadora.

Las sobresalientes dotes intelectuales de Ada y su amistad con Babbage, le hicieron interesarse por los experimentos en la mecánica del cálculo. Con excepcional sensibilidad —por contraste con la mayoría del círculo que conoció al inventor—, esta joven dama apreció el valor de los trabajos de Babbage y colaboró con él. También intervino con fortuna en la publicación de las ideas del maestro por medio de un artículo que se ha hecho famoso.

Ésta es la historia del artículo. En el II Congreso de científicos italianos, que tuvo lugar en Turín en 1840, se dieron noticias de los descu-



Funcionalidad de la máquina analítica

«La máquina analítica no tiene ninguna pretensión de ser origen de nada. Puede hacer cuanto sepamos ordenar que haga. Puede realizar análisis; pero no tiene el poder de anticipar relaciones o verdades analíticas. Su ámbito consiste en ayudarnos a hacer asequible aquello que ya dominamos.»

Ada A. Byron

brimientos de Babbage. A raíz de lo expuesto en este foro, un ingeniero militar italiano, L.F. Menabrea, escribió un artículo divulgatorio de la máquina analítica. El artículo se publicó en francés en la «Bibliotèque Universelle» de Ginebra (1842). A continuación, lady Lovelace lo tradujo al inglés y duplicó su extensión con notas propias, sumamente clarificadoras y profundizadoras en la información. Y lo publicó en 1843 en el «Scientific Memoirs». Entonces Ada contaba veintiocho años y era una sólida colaboradora de Babbage.

Se considera a Ada Byron como la primera persona que se inició en la programación. Ciertamente fue la primera programadora. Se ocupó de la elaboración de las instrucciones que habrían de regir las primeras operaciones de la máquina analítica. También realizó aplicaciones de la máquina a las apuestas de las carreras de caballos. Y no sólo se aplicó a tareas técnicas, sino que reflexionó acerca de las potencialidades que se estaban liberando con la revolucionaria invención de Babbage.

El nombre de esta dama precursora de la computación no ha quedado en el olvido. Un lenguaje creado en Estados Unidos para aplicaciones de investigación y militares recibe su nombre, el lenguaje ADA.

HOLLERITH, EL PRIMER PROFESIONAL DE LA COMPUTACIÓN

Los primeros pasos de la computación se dieron a finales del siglo XIX. Se trata de la aplicación de los elementos precedentes a cuestiones prácticas, con consecuencias que afectaron a colectivos muy amplios. De ello fue responsable el técnico estadístico estadounidense Herman Hollerith. Operó con un aparato de su invención y mecanizó parcialmente la elaboración del censo de su país, para lo que se sirvió de técnicas de programación mediante tarjetas perforadas. Su trabajo le convierte en el primer profesional de la computación.

Hollerith ingresó como ayudante en la Oficina Federal del Censo cuando aún no había cumplido los veinte años. Esto ocurría en 1879. Por aquel entonces se hacían los preparativos para elaborar el censo de 1880. El cómputo de la población estadounidense resultaba una tarea extremadamente laboriosa. Era preciso manejar de forma manual una ingente cantidad de información. La labor superaba el simple recuento de habitantes y se extendía a la organización de grupos y subgrupos sociales según criterios de edad, sexo, estado civil, etc. El censo se completó siete años después de iniciado.

Una situación de este tipo, en la que lo que se ha hecho rápidamente se ha de rehacer de nuevo, recuerda necesariamente el mito de Penélope, la esposa de Ulises, en su eterno tejer y destejer.

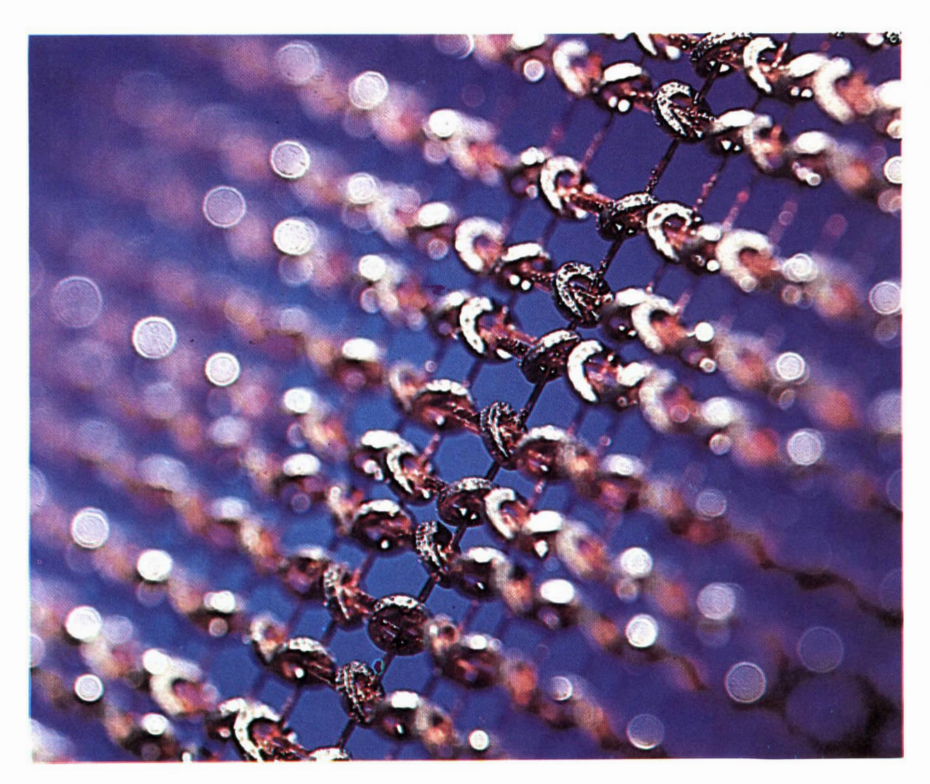
¿CAMBIO O REFORMA?

Las lógicas preocupaciones de los responsables del censo ante esta situación exasperante abrió la puerta para un cambio muy grande. Por muchos esfuerzos que se hicieran, no era previsible que en los nuevos censos el lento proceso se acortara. Antes al contrario, iría alargándose a medida que aumentara la población, lo cual era seguro. Con posterioridad a este momento se supo que, en el intervalo entre los censos de 1880 y 1890, se pasó de 50 a 63 millones de habitantes en Estados Unidos. Cualquier *reforma* que se intentara introducir en el sistema tradicional de elaboración del censo podría suponer alguna mejora, pero a duras penas ésta resultaría apreciable. Tan sólo el *cambio* del sistema o de la tecnología empleada podría significar un progreso válido. Pues bien, la aportación de Hollerith se halla en la línea del *cambio* y no de la *reforma*.

Se organizó un concurso para examinar las ventajas que aportarían otros sistemas. Hollerith se sintió estimulado y participó con una propuesta propia. Ganó el concurso y recibió el encargo de ocuparse del censo inmediato. El sistema de Hollerith constaba de varios elementos:

- máquina de tabular;
- tarjetas perforadas, con información codificada:
- lectora de tarjetas;
- clasificadora de tarjetas.

El gobierno subvencionó la construcción de la máquina de Hollerith y éste pudo cumplir con el encargo de la oficina del censo. Hizo registrar la información en tarjetas. El tipo de perforación indicaba todas las informaciones que al efecto interesaban: edad, sexo, estado civil, raza, religión, número de hijos, ocupación, etc. Merced a esta codificación se agilizaba el resto del proceso. Las tarjetas pasaban a través de un mecanismo de lectura y eran clasificadas según sus



A la izquierda, macrofotografía de una computadora IBM, detalle de la memoria magnética de ferritas. La máquina tabuladora de Hollerith, que codificaba la información en tarjetas perforadas y disponía de una lectora y una clasificadora de tarjetas resultó un gran éxito. Hollerith, al comprobar las posibilidades comerciales de su invento, abandonó la Oficina Federal del Censo en 1896 y fundó un compañía privada, la **Tabulating Machine Company,** *que se dedicó a comercializar modelos tanto para organismos estatales como para empresas privadas. Gracias a estos éxitos, la empresa de Hollerith se vio obligada, para atender el gran crecimiento de la demanda, a fusionarse con otras dos compañías, lo que dio paso años más tarde, en 1924, a la empresa* **Internacional Business Machines,** *IBM, que marcaría un hito definitivo en la generación y expansión de la computación.*

características. Concretamente, éstas pasaban por un conjunto de contactos y producían la clausura momentánea de un circuito eléctrico. Con ello se activaba un contador y un mecanismo rudimentario de selección de los cartones perforados.

El sistema permitía leer, contabilizar y seleccionar gran cantidad de tarjetas por minuto, lo que nunca se había logrado con el tradicional sistema de consignación y recuentos manuales. La máquina, que utilizaba energía eléctrica pero era mecánica, tenía capacidad para procesar más de medio centenar de tarjetas por minuto.

El experimento, que era más que un ensayo, resultó un éxito. El tiempo total del proceso censitario se redujo en más de un 60 por ciento. Lo que en la edición precedente había supuesto siete años, en esta ocasión la tarea se completó en dos años y medio. Ello es más sobresaliente aún si se considera el sensible aumento de datos que repercutió en el censo de 1890: los relativos a trece millones más de habitantes, es decir, de 50 millones en 1880 a 63 millones en 1890. Otro elemento que debe señalarse es que, si el censo anterior no se conoció hasta 1887, el siguiente se hizo público seis semanas después del día del censo. La razón es que Hollerith inició el trabajo anticipadamente y lo finalizó asombrosamente a punto.

Como las posibilidades económicas de la invención eran espléndidas, Hollerith dejó la oficina Federal del Censo en 1896 y fundó una compañía privada, la *Tabulating Machine Company*. En su seno perfeccionó la máquina tabuladora. Poco tiempo después, en 1900, la máquina alcanzaba una capacidad de procesamiento de 300 tarjetas por minuto.

HACIA LA CREACIÓN DE IBM

La empresa de Hollerith comercializó sus modelos para el uso de los organismos estatales y privados. Los éxitos llevaron a una ampliación del mercado y a la fusión de la empresa de Hollerith con otras dos más en 1911, de lo que resultó la *Computer Tabulating Recording Company*. Años después, en 1924, la empresa pasó a llamarse, ya con carácter definitivo, *International Business Machines*. De este nombre se derivó el famoso acrónimo IBM. Hasta tal punto ha sido determinante la acción de esta empresa que durante muchos años el término IBM ha sido tenido por sinónimo perfecto en muchas lenguas de «cerebro electrónico» o «computadora», y corrientemente se ha utilizado como si se tratara de una equivalencia cabal.

Pero, dejemos a un lado las consideraciones comerciales. El mayor mérito de Hollerith se encuentra en su concepción del tratamiento de la información y en el sistema que dispuso para convertir su idea en un proceso práctico y eficaz. Las calculadoras que existían a la sazón no permitían una aplicación útil a la tarea de censar, ya que en este caso lo que primordialmente se planteaba no consistía en cálculos aritméticos sino en el tratamiento de la información. La

IBM

Las siglas IBM están emparejadas a una larga historia, que entronca con la época de los pioneros. Estas siglas se acuñan poco después de los inicios de la computación e incorporan a su realidad una activa participación en la investigación y la comercialización, consideradas estas tareas desde el prisma de una ambiciosa empresa.
IBM queda registrada como tal en 1924, al fusionarse varias compañías en una, que a partir de entonces se llamaría International Business Machines. *Uno de los impulsores de la nueva empresa se llamaba Herman Hollerith, antiguo empleado de la Oficina del Censo de Estados Unidos, en la que entró a trabajar en 1879, cuando contaba dieciocho años. Sus funciones de estadístico le hicieron reflexionar acerca de los usos burocráticos en el tratamiento de la información relativa a la población de su país. Su proyecto de mecanización del sistema le valió la ayuda federal. Construyó su máquina tabuladora y realizó el censo de 1890 en el tiempo récord de dos años y medio, en menos de la mitad de lo que era corriente.*
1896 es la fecha a partir de la cual pueden rastrearse los afluentes empresariales que tributan en IBM. En 1896 Hollerith renunciaba a su trabajo para el gobierno y fundaba la Tabulating Machine Company. Los éxitos de esta iniciativa llevaron a esta empresa a tributar en 1924 en la anunciada IBM, fortalecida por la fusión con otras pequeñas empresas del sector. IBM fue una de las locomotoras de la investigación computacional en las décadas de los treinta y los cuarenta del siglo XX. Coincide todo ello con el despegue de las computadoras electromecánicas. Los intereses científicos y comerciales de ingenieros y de empresas como IBM, respectivamente, coincidieron felizmente en el objetivo de crear una computadora de propósito general. Howard Aiken, profesor de la universidad de Harvard, dirigió el proyecto patrocinado por IBM para la construcción de la primera computadora. La tarea se inició en 1939 y en 1944 quedaba listo. El aparato que era inmenso, fue bautizado con el nombre de Mark I, aunque su nombre oficial respondía a las siglas ACSC: «Automatic Controlled Sequenced Calculator».

información se refería a las características propias de cada habitante, con el objeto de elaborar estadísticas según los aspectos considerados.

Ciertamente, la tarea de Hollerith puede calificarse como la de un profesional de la computación. Con ella se define implícitamente el ámbito de la computación, que no se resume en cálculos o cómputos. La actividad mayor de las computadoras se dedica a procesamiento de información y, a buena distancia, le sigue la realización de cálculos. Es común la idea de que el procesamiento de información (palabras, números u otros datos) supone el 80 por ciento de la labor computacional actual.

Hollerith fue el iniciador del tratamiento automático de informaciones. Con ello dio paso a la configuración de la computación como ciencia relativa al tratamiento y almacenamiento de información con medios automáticos.

LA COMPUTADORA ANALÓGICA

Aun en el siglo XIX, se realizaron otros progresos significativos. Entre ellos se cuentan los trabajos en torno a la computadora analógica.

La computadora de Babbage presentaba la característica de ser digital. La consecuencia de esto es que representaba los resultados de sus procesos mediante números. Disponía la solución, así como los pasos intermedios que había realizado para llegar a inferirla, mediante una retahíla de guarismos.

Las computadoras de uso más extendidas en la actualidad responden a la condición de digitales. Su estructura, muy otra de los diseños de los pioneros del XIX, resulta perfectamente apropiada a la forma de operar indicada. No ocurría así con los aparatos del siglo pasado, que favorecían especialmente el desarrollo de computadoras analógicas. La particular contribución de la máquina de Babbage se halla en esta línea.

Otro investigador británico, lord Kelvin, se adentró en el campo de las derivaciones analógicas. Con cierta cercanía temporal a su compatriota Babbage, produjo la primera máquina analógica: la *máquina de precedir mareas.* Esto ocurría en 1872. El aparato predecía las mareas y bajamares y representaba gráficamente sus niveles. La predicción consistía en la previsión de los ciclos lunares que rigen las mareas y los niveles variables de sus límites ascendente y descendente.

Si la máquina de Kelvin hubiera descrito los movimientos de las mareas mediante cuantificaciones numéricas, en este caso su invención habría sido de tipo digital.

Kelvin proyectó sus presupuestos teóricos más allá de la máquina de predecir mareas. Concibió, aunque de manera vaga, una compu-

tadora analógica de propósito general. Ésta podría resolver todo tipo de problemas. Su idea era una anticipación extraordinaria, pero difícilmente desarrollable en su época. De ahí que tan sólo se limitara a postular un aparato de tales características, sin intentar planificarlo. Efectivamente, afirmó la posibilidad de este tipo de computadora e hizo algo más, le dio nombre: *analizador diferencial*. La indicación de esto último no es una ironía. El acto de otorgar una denominación a un sueño nunca es trivial.

Nombrada la cosa, sólo faltaba inventar su estructura, darle cuerpo y ponerla en marcha. Medio siglo después de la profecía de Kelvin ello fue realidad. El ingeniero americano Vannevar Bush se ocupó de realizar estas tres etapas y creó el analizador diferencial en 1930. Pero esto pertenece a otro capítulo.

Realizaba las cuatro operaciones aritméticas y operaba con información almacenada en forma de tablas. Trabajaba con números de hasta veintitrés dígitos y elaboraba cálculos a velocidades sorprendentes en esos años. Sumaba y restaba en 0,3 segundos y podía multiplicar tres números de ocho dígitos en un segundo. Su composición física consistía en la reunión de centenares de kilómetros de cable y centenares de miles de elementos y relés.
El Mark I fue iniciador de las máquinas electromecánicas, que siguieron, sin pretenderlo, los pasos ya esbozados por Babbage. El propio Aiken se sorprendió de las similitudes que presentaba su máquina, una vez hecha, con los diseños de Babbage.
La década de los años cincuenta es decisiva para IBM. En ella lanzó una serie de modelos sumamente capaces y atinados. Entre ellos destacaron el 701, diseñado para aplicaciones científicas (1953), y el 705, especialmente apropiado para su aplicación en actividades comerciales.

Abajo, fabricación de elementos para computadoras en condiciones de máxima higiene. Incluso en la actualidad, en que han proliferado las firmas comerciales fabricantes de computadoras, IBM sigue estando en muchos terrenos en vanguardia. En el campo del hardware, por ejemplo, muchas otras marcas fabrican los monitores y los teclados siguiendo el diseño de IBM, y en el campo de ciertos tipos de software especializado buscan compatibilizar su computadora con los modelos de IBM, lo que ha permitido a IBM mantener sus precios relativamente altos.



Hacia la computadora de nuestros días

LA PRIMERA COMPUTADORA

En el siglo xx, los procesos de automatización comienzan a introducirse en muchos campos. Se dispone de tecnología y se aplica, pero probablemente falta la concepción general del fenómeno. Un ejemplo paradigmático se halla en la fabricación automovilística, que a partir del segundo cuarto de siglo se automatiza mediante cadenas de montaje. Así, los obreros se desprofesionalizan y se reconvierten en personal indistintamente asignable a cualquier punto del proceso de fabricación. Anterior a ello y más general es la organización tayloriana del trabajo, acoplada en torno al eje sistemático de la división de las tareas y, también, en torno al eje físico o espina dorsal que es la banda transportadora.

En este ambiente tecnológico de la época se produjeron las investigaciones para la creación de la primera computadora. No existió un grupo solo ni se trabajó tampoco en una única dirección. En la década de los años treinta aparecieron diversos grupos. El primer equipo que logró dar cuerpo a su intento fue el que estaba dirigido por Vannevar Bush. Construyeron el *analizador diferencial.* Por fin pudo afirmarse que se había fabricado la primera computadora, aunque le seguirían otras más completas. Después de tantos intentos y acercamientos, el tiempo de la computadora se había cumplido, porque acababan de confluir en el tiempo tres factores que hasta entonces se habían mostrado esquivos, disociados:

- el perfecto diseño del inventor;
- los recursos tecnológicos;
- la necesidad social de la creación de estos aparatos.

No podía ser de otro modo. Si el primer factor estaba presente en la historia desde mucho tiempo antes y ofrecía la consistencia formal necesaria, ni el segundo ni el tercero daban la réplica. La madurez de la ingeniería no era el adecuado para lo que se le proponía y exigía. Tampoco los intereses políticos ni económicos de su aplicación social eran suficientes para justificar grandes inversiones.

Bush y el analizador diferencial

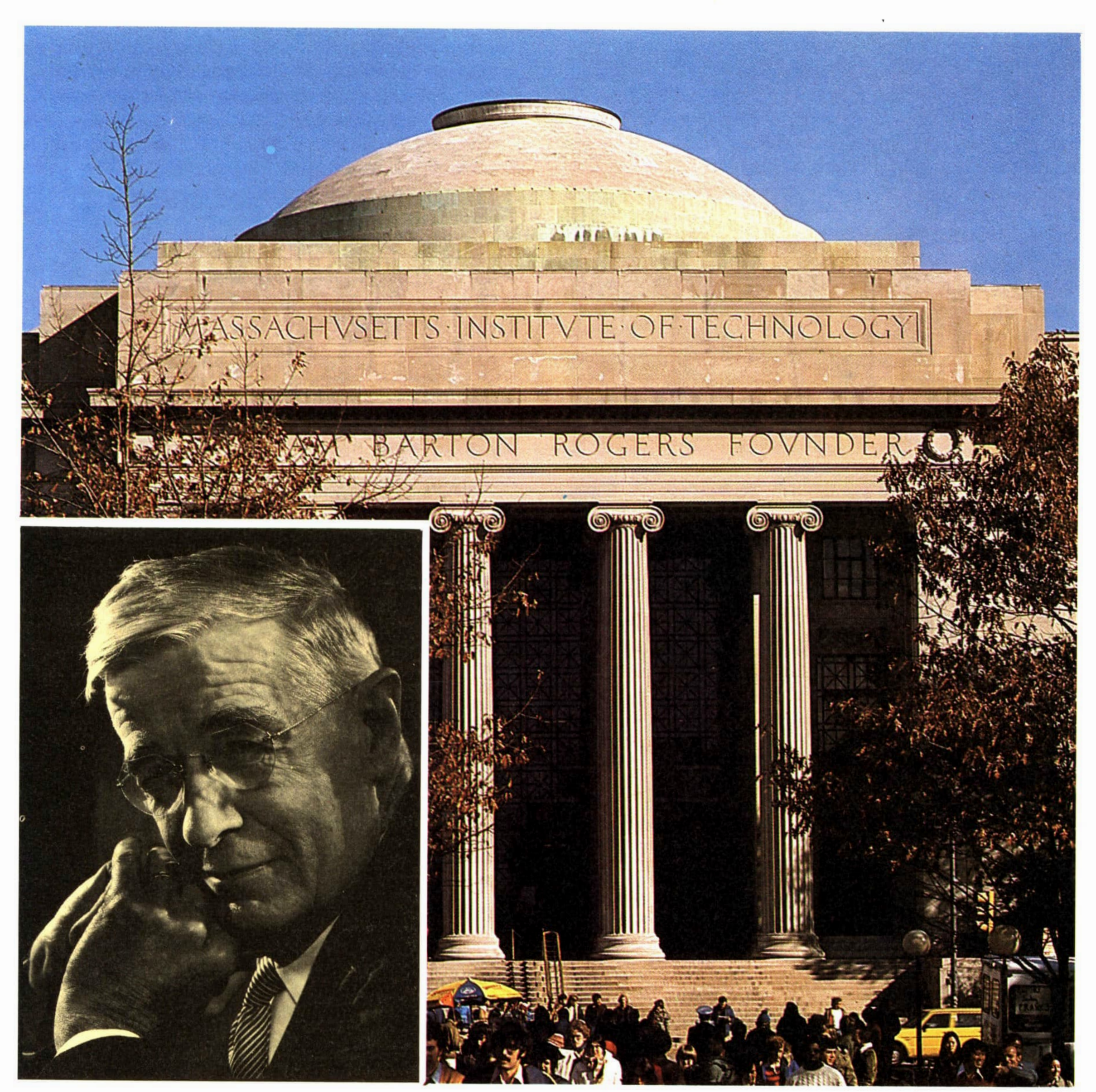
Vannevar Bush (nacido en el estado de Massachusets en 1890) fue el ideador de la computadora analógica. Ingeniero y profesor de electrónica en el Massachusets Institute of Technology, comenzó a finales de los años veinte a estudiar las posibilidades de aplicación de la electrónica al cálculo. Su objetivo consistió en fabricar un aparato capaz de integrar las ecuaciones diferenciales ordinarias. Lo logró con la construcción de la computadora que denominaría *analizador diferencial («Differential analyser»),* por lo que está en deuda con los postulados del investigador decimonónico lord Kelvin.

Entre 1930 y 1932 su equipo de colaboradores del MIT introdujo mejoras, hasta perfeccionar el aparato. Tras ello se inició la labor de aplicación. Para sorpresa de los que habían intervenido en el proyecto, se descubrió con agrado que el campo de utilización del analizador diferencial resultaba más amplio de lo previsto y cubría satisfactoriamente aplicaciones inmediatas en acústica, física atómica, matemáticas, etc., a pesar de la diversidad y distancia que había entre ellos.

La computadora desarrollada por Bush pertenece a la familia de los analógicos. Y tiene un doble mérito. En primer lugar, porque es la que inicia la vanguardia, la que rompe la frontera que atenazaba los proyectos e impedía su materialización. Y en segundo lugar, porque abre la brecha que luego permitiría la realización de la primera computadora digital, a la que se tiene por la primera computadora. Ello es tan fundamental como lo anterior si tenemos en cuenta que las computadoras actuales, en su mayoría, responden a una funcionalidad digital.

Los provechosos efectos del analizador diferencial se pudieron constatar diez años después, cuando se presentó la computadora Mark I y, casi a continuación, la computadora Eniac. El trabajo de Bush fue el primer paso hacia esta realización mayor que significaron estos grandes proyectos y una ayuda imprescindible para Aiken y para Eckert y Mauchly, responsables del Mark I y del Eniac, respectivamente.

En otro ámbito Bush se ocupó de formas de organización de informaciones. Ideó un aparato capaz de hallar rápidamente una información requerida en un banco de datos. El *selector rápido,* que así se llamaba el aparato, operaba en un gran banco bibliográfico dispuesto en soportes microfilmados. Un código binario —inventado por Bush— quedaba impreso en el borde de la película y era localizado por una célula foto-



La fotografía grande muestra la fachada del Massachusetts Institute of Technology (MIT), en el que ejerció la docencia Vannevar Bush (fotografía pequeña) como profesor de electrónica. Bush creó el analizador diferencial, *una máquina capaz de integrar las ecuaciones diferenciales ordinarias. Su ingenio, tras sucesivas mejoras, permitió aplicaciones en diferentes campos y abrió el camino para el proyecto de la primera computadora digital: el MARK 1.*

eléctrica. La búsqueda de la información se realizaba con celeridad. El *selector rápido* se utilizó en algunas bibliotecas y, si bien su uso no fue grande, sirvió para allanar un trecho del camino que conducía al tratamiento de la información y la gestión de los bancos de datos.

También relacionado con esto último, Bush desarrolló un sistema automático de edición de textos, si bien rudimentario. Mediante una máquina de escribir preparada al efecto, se conseguía componer una página perfectamente alineada. Al introducirse el texto correspondiente a cada línea, la máquina espaciaba convenientemente las palabras y conseguía una perfecta alineación de los márgenes izquierdo y derecho. El tratamiento de textos y la edición han evolucionado mucho desde entonces, pero en el aparato de Bush se encuentra un precedente interesante.

MARK I

El estudio de los progresos de Bush proporcionó a sus sucesores unos principios teóricos firmes. Un discípulo suyo, Claude Shannon, aportó nuevos avances teóricos. Shannon, que sería conocido posteriormente por su importan-

tísima teoría matemática de la comunicación, en la que cuantificaba matemáticamente la información y el ruido, realizó derivaciones de su tesis hacia ámbitos esencialmente computacionales. Particularmente perfiló la teoría de los circuitos necesarios para disponer de una aritmética binaria, a la vez que relacionaba aritmética y lógica.

En 1937 Shannon estableció estos principios en un breve escrito titulado «Un análisis simbólico de los circuitos de relés e interruptores». Siguiendo sus indicaciones fue posible, en breve plazo, la construcción de máquinas con verdadera capacidad lógica, lo cual supuso ampliar notablemente la capacidad que inicialmente se atribuía a la computadora. Y aún añadió Shannon otra aportación no menor. Con su «teoría de la conmutación» trazó nuevos sistemas de diseño y producción de circuitos. Ello determinaría, en la práctica, su simplificación y versatilidad.

Los trabajos de Shannon centraron la cuestión en la necesaria adecuación de lo material (circuitos) y de lo inmaterial o programación. Y señaló la importancia de considerar la programación lógica como una relación estrecha y determinante entre instrucciones y la organización física de los circuitos.

Stibitz y el principio de superación

Fue un colega de Shannon, el también estadounidense George Stibitz, quien se adentró en el diseño de componentes para computadora. Posteriormente comprendió que sus circuitos, constituidos por relés electromecánicos, podían disponerse en un tipo más complejo, de computadora programable.

Stibitz trabajaba como ingeniero para la ATT, compañía telefónica y telegráfica estadounidense. Su tarea estaba relacionada con la aplicación de sistemas de cálculo para la organización interna de la compañía. De esa ocupación surgió la motivación para diseñar y construir lo que llamaría *Complex Number Computer*. Comenzó su empeño en 1937 y lo acabó en 1940. Se trataba de una computadora experimental de tipo electromecánico que trabajaba con un sistema binario. Consistía en la conjunción de relés, como estructura interna, y la disposición de un sistema de entrada de instrucciones alimentado por teletipo o cinta de papel telegráfica. El aparato podía trabajar con números complejos y, respecto a las instrucciones, admitía las condicionales o de bifurcación, además de las instrucciones incondicionales.

Stibitz logró perfeccionar su diseño original en sucesivas versiones del aparato, del que elaboró cinco modelos. El posterior siempre superaba al anterior en capacidad y aptitud para realizar operaciones más generalizadas. Y sus aparatos significaron la realización bastante aproximada de las ideas de Babbage. Otros continuadores conseguirían completar el complejo círculo de la máquina computacional.

Zuse y su familia de computadoras Z

Por las mismas fechas, el ingeniero alemán Konrad Zuse recorría un camino paralelo. Por su propia cuenta, en el laboratorio de su casa, acoplaba las piezas de su unidad experimental. En 1938 daba fin a su aparato Z1, una computadora digital binaria. Un juego de conmutadores constituía la memoria, el periférico de entrada estaba formado por un teclado y los resultados binarios eran expresados mediante una hilera de luces.

Al Z1 le siguieron versiones superiores, hasta llegar al Z4. El Z2 se distinguía del primero por la incorporación de relés y la existencia de un mecanismo de entrada alimentado por película perforada. En 1941 Zuse completó el Z3, que entra en la historia de la computación como un verdadero hito. No se trata de un modelo más de la serie, sino de la realización más perfeccionada de este ingeniero. El Z3 es considerado el primer calculador programable universal completo. Dicho de otro modo, la primera computadora acabada.

El Z3 y el Mark I pueden equipararse perfectamente, aunque con ciertas matizaciones. El Z3 se adelanta en tres años a su hermano norteamericano y además es más ligero y rápido. El Z3 era binario y poseía una memoria de 64 palabras de 22 bits. Al Z3 le sucedió únicamente el Z4. Los dos aparatos eran electromecánicos. Se desarrollaban ya dentro de la segunda guerra mundial y se utilizaron para diseñar aviones. Durante la guerra resultaron destruidos.

Aiken lo hizo todo muy bien hasta que se olvidó de algo

El trabajo de Howard Aiken es el que quizás más reconocimiento ha merecido, dentro de la etapa de las computadoras electromecánicas, y no sólo por razones puramente técnicas. Hay que indicar que Stibitz y Zuse, separadamente, tienen el mérito de haber recogido el viejo hito babbagiano de la idea de *programación*. Babbage concibió su máquina analítica en virtud del gobierno de un sistema de programación. Estos investigadores del siglo XX desarrollaron sus equipos e hicieron eficaz el concepto de programación mediante el uso de programas y de lenguajes de programación.

Howard Aiken (1900-1973) realizaba tareas docentes y de investigación como físico en la universidad de Harvard. A partir de 1939,

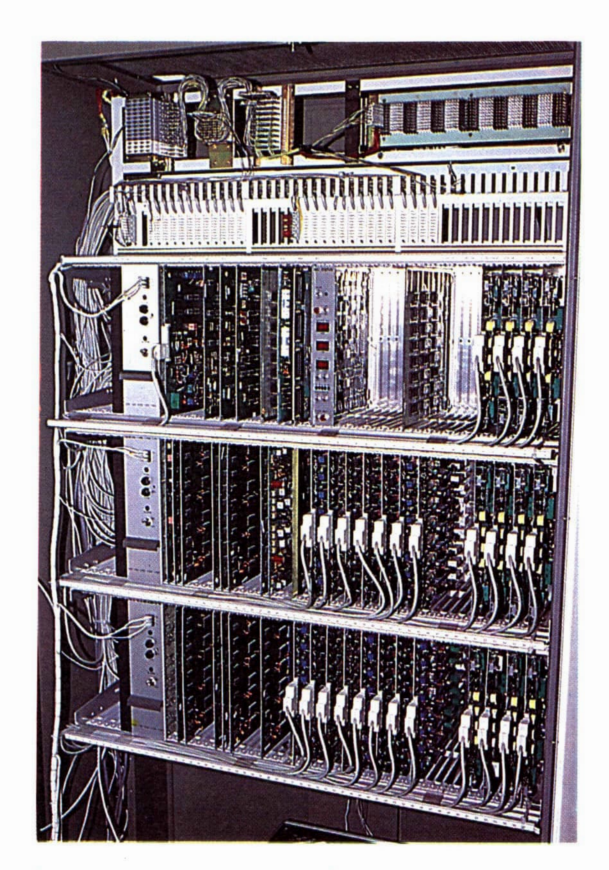
con el apoyo económico de IBM y buena parte de los más cualificados ingenieros de esta marca, inició la construcción de la computadora electromecánica que se haría famosa con el nombre de Mark I. El nombre oficial del proyecto era ASCC, *Automatic Sequence Controller Calculator* (calculador automático de secuencia controlada), por lo que es de agradecer la simpática simplificación con un nombre más corriente.

La razón de que Aiken estuviera interesado en una empresa de este tipo radica en que, como físico matemático, planeaba realizar un aparato que superara los ya conocidos. El acuerdo con IBM dio impulso a la iniciativa que se llevó a su fin en 1944.

El aparato resultante cumplió satisfactoriamente las previsiones. Presentaba el aspecto de un larguísimo y alto panel ribeteado de clavijas, ranuras y dispositivos móviles. Hoy día nos llamarían la atención sus descomunales proporciones y la aparatosa cantidad de elementos que intervenían. Ello se explica por el uso exclusivo de dispositivos electromecánicos o relés, pues no se disponía de componentes electrónicos adecuados. He aquí alguna de sus características físicas más llamativas:

Características principales del MARK I

Características	***Unidades***
Longitud	16 m
Altura	2,2 m
Elementos móviles	700.000
Cables	900 km
Conexiones eléctricas	3.000.000
Peso	5.000 kg



Arriba, analizador de líneas telefónicas de una red de larga distancia «en estrella». Incluso una estructura tan compleja como una red «en estrella», que supone la existencia de centrales de conmutación que coordinan las diversas unidades locales y de centrales interurbanas, conectadas a su vez «en estrella» a otra red nacional, todo el sistema es mucho más reducido y con unidades de cableado menos espectaculares que las que suponían las primeras computadoras como el MARK 1.

Este colosal aparato se construyó en la planta de Endicott de IBM, en Nueva York, y fue donado a la universidad de Harvard. Los relés empleados casi alcanzaban la cifra de tres cuartos de millón y el cableado de las piezas exigió cerca de un millón de metros de cable, así como la realización de tres millones de conexiones eléctricas. Su estructura formaba un inmenso laberinto de caminos recorridos por impulsos eléctricos que accionaban una serie de relés intercomunicados. Cuando estaba en funcionamiento producía un ruido intenso y repetitivo, que se originaba por el efecto de abrirse y cerrarse millares de esos relés.

Poseía 72 registros de números de hasta 23 dígitos, además del signo correspondiente. No trabajaba en código binario, sino decimal. Realizaba las cuatro operaciones básicas. Su rapidez de cálculo, aunque ahora nos parezca ridícula, era asombrosa para la época. Sumaba o restaba en un par de décimas de segundo. Multiplicaba dos números de once cifras en dos segundos y dividía en poco más del doble del tiempo utilizado en multiplicar.

La estructura del Mark I se completaba con una memoria que se gobernaba manualmente mediante un juego de interruptores. En ella se podía introducir setenta constantes, que eran absorbidas por la computadora. También comprendía sistemas de entrada y de salida. Las instrucciones se introducían por medio de cinta perforada. Esta poseía 24 posiciones binarias por hilera. La salida de resultados se podía obtener mediante dos máquinas de escribir o, si se prefería, directamente en cinta perforada.

Por regla general, los nombres son indicativos de algo. Y podía esperarse que el nombre de Mark I también lo fuera, al menos en lo que respecta a su ordinal (I). Si volvemos la vista hacia los trabajos de Konrad Zuse, comprobamos que el Z1 (Z por Zuse y 1 por ser el primero) prometía una saga de zetas, y así ocurrió hasta el Z4. La guerra impidió que continuara. En el caso de Mark I podía esperarse otro tanto,

Herederos de proyectos e ideas

En un mundo como el que abre la computación, un mundo regido por la producción, control y transferencia de información, la característica sobresaliente del cambio es la creación de una sociedad interconectada, intercomunicada. No se dejan elementos aislados; se tienden redes que lo relacionan de forma compleja e interactiva, de tal suerte que líneas o flujos de ida y vuelta actúan sobre los elementos de forma interrelacionada. Simbólicamente el proceso puede expresarse así. La acción de A activa la respuesta de B y, de rechazo, la respuesta de B determina un nuevo comportamiento en A. Las relaciones se amplían indefinidamente y se potencia la complejidad de éstas. Este fenómeno social que aparece como novedad de efecto universal en nuestro tiempo, es algo que siempre se ha dado en campos más reducidos. En el campo del pensamiento y de la investigación ha sido desde siempre, y en la medida en que las circunstancias lo han permitido, una constante muy activa. El mundo de las ideas, de los ensayos y experimentos científicos se nutre y avanza con el esfuerzo de todos los que en él se desenvuelven. Si la historia de la computación muestra la evidencia de esta afirmación, ello puede expresarse también en términos más concretos y manejables. La década de los años treinta y parte de los cuarenta nos puede servir como modelo de análisis de interrelaciones, aun sin profundizar en conexiones prolijas. En el cuadro de la página 56 se recogen algunos elementos de lo que sigue. Howard Aiken descubrió, con posterioridad a la construcción del Mark I, las grandes semejanzas que existían entre su computadora y el revolucionario proyecto de Babbage a mediados del siglo XIX. Entre ellos, un siglo completo de diferencia. Estas semejanzas no se aplican sólo a la máquina de Aiken, sino también a la de George Stibitz y a la de Konrad Zuse. Todos ellos desarrollaron versiones de los diseños de Babbage, aun sin pretenderlo. Coincidieron en los fundamentos de la estructura física de la computadora y en los secretos de su gobierno para distintos propósitos mediante la utilización de programas o series de instrucciones y lenguajes de programación. Tal como lo preveyera Babbage, esta relación

a tenor de la numeración. No ocurrió así. La computadora de Howard Aiken resultó un éxito: se cubrió brillantemente la planificación teórica y la flamante computadora nació bajo el patronazgo de entidades de prestigio como la empresa IBM y la universidad de Harvard. Pero sucedió que en el solemne acto de presentación en público del invento y de su donación a la universidad, el celebrado director del proyecto, Aiken, aparentemente olvidó reconocer la aportación de IBM (por otra parte cuantiosa en recursos materiales y humanos) o tal vez rehusó hacer cualquier mención a la cuestión. Aiken e IBM no volvieron a colaborar y un hipotético Mark II nunca tuvo lugar.

ENIAC

Empezar por el ABC

Otro personaje de esta historia es el norteamericano John Vincent Atanasoff. Nació en 1903, en el seno de una familia amante de la ciencia y las matemáticas. Su padre era ingeniero eléctrico que había emigrado de Bulgaria y su madre, maestra de escuela, era una entusiasta de la matemática.

Atanasoff había de participar destacadamente en las innovaciones computacionales de los años cuarenta. Construiría la primera computadora electrónica. Después de un doctorado en física teórica, se dedicó a la enseñanza y la investigación. Al igual que le ocurrió a Pascal o a tantos otros que le precedieron, tropezó con la fastidiosa realidad de los cálculos que exigían mucho tiempo y esfuerzo. Comprendía que la resolución de los problemas se demoraba excesivamente por razones tan sólo mecánicas y no de fondo. Y lamentaba el despilfarro de esfuerzo mental que tenían que hacer sus alumnos para calcular el trazado de gráficas de ecuaciones simultáneas.

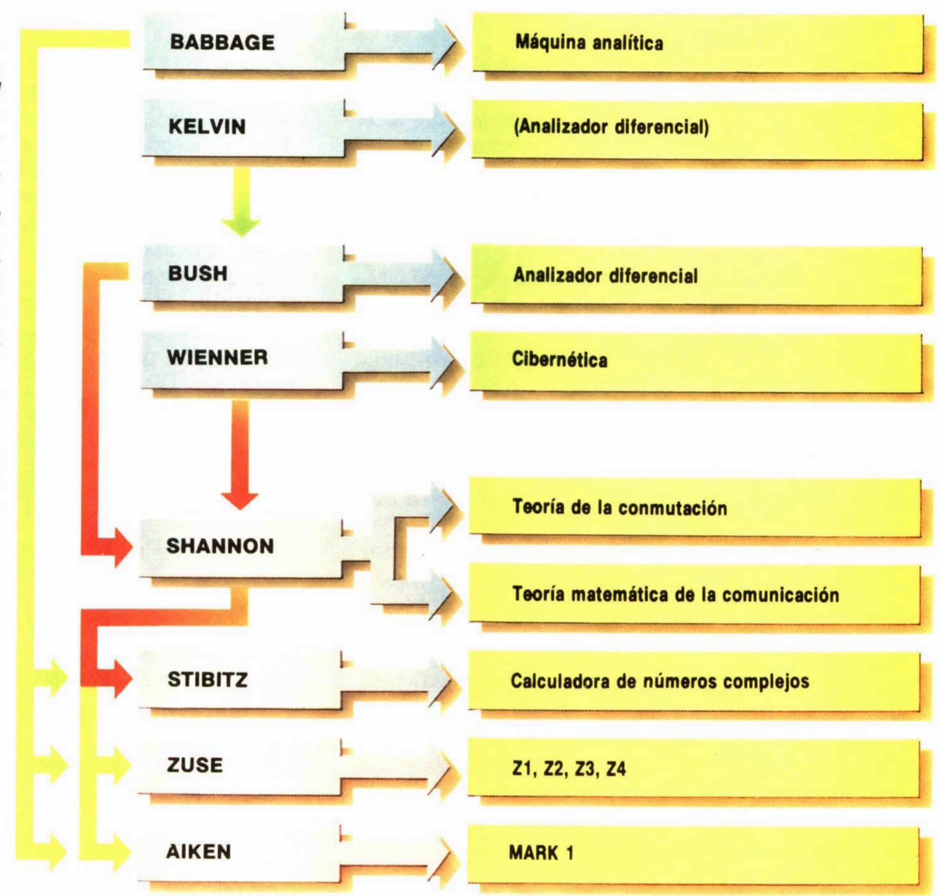
Precisamente Atanasoff era conocedor de la máquina de Pascal y de las teorías de Babbage. Y se sintió tentado por la idea de recoger la antorcha inventora. A la sazón poco se había realizado y se estaba a las puertas de la gran revolución tecnológica en el campo de la computación.

La formulación previa que elaboró este ingeniero se desgranaba en estas cuatro características:

— digital;
— en sistema binario (no decimal);
— con memoria de carga eléctrica;
— de funcionamiento no mecánico.

El conjunto de características de la calculadora ideal de Atanasoff remitía a una computadora. A diferencia de otros intentos contemporáneos, no se detenía en lo analógico ni en lo digital de base decimal. La memoria había de con-

El dibujo muestra la evolución de la computación en tres órdenes de estratos. El primero, el más antiguo y que está adscrito al siglo XIX, recoge a los pioneros Babbage y Kelvin. Su efecto iluminador en los sucesores es indirecto. En el segundo estrato situamos a Vannevar y Bush, y a Norbert Wienner. Ambos profundizan en elementos teóricos determinantes de las aplicaciones reales que se sucederán en el tercer estrato.
Claude Shannon es alumno de Bush y de Wienner. Y actúa de transmisor y amplificador de cuestiones iniciadas por ellos entre sus colegas más cercanos, como Stibitz y otros.



sistir en un dispositivo de almacenamiento mediante carga eléctrica. Y la funcionalidad del aparato debía comportar la cualidad de versatilidad y no resultar puramente mecánica.

Para llevar adelante el proyecto consiguió una subvención inicial de seiscientos cincuenta dólares de la universidad de Iowa, a la que sumaría otras subvenciones de fundaciones privadas, hasta llegar a los dos mil dólares. Con ello compró material y contrató a tiempo parcial a un ayudante, Clifford Berry, estudiante de ingeniería. El mismo año, el de 1939, acababa su computadora, que fue denominada con las siglas ABC, *Atanasoff-Berry-Computer*. La economía de medios y el ingenio debe calificarse de excelente, sobre todo si consideramos que la Mark I costó medio millón de dólares, y contó con la dedicación de un nutrido equipo.

La ABC estaba configurada por tres centenares de tubos de vacío. Carecía, por consiguiente, de elementos mecánicos como estructura central, a diferencia de la Mark I. No intervenían elementos móviles que se cerraran y abriesen, con lo que resultaba más rápida, pequeña y silenciosa.

La operatividad del ABC se aplicaba a la resolución de un conjunto de 29 ecuaciones simultáneas con la distinción de 29 variables. Ello significaba que no era una computadora de

entre los investigadores de los dos siglos, aunque subterránea y conocida a posteriori, no por ello es menos determinante.
Otro tanto ocurre entre lord Kelvin y la máquina de Bush, el analizador diferencial, con una relación de postulación y de materialización, respectivamente, aun con una separación en el tiempo de más de medio siglo.
En este sector de la evolución de la computación distinguimos tres estratos. El primero, el más antiguo y que está adscrito al siglo XIX, recoge a los pioneros Babbage y Kelvin. En el segundo estrato situamos a Vannevar, Bush, al que acabamos de mencionar, y a Norbert Wienner. Ambos profundizan en elementos teóricos determinantes de las aplicaciones reales que se sucederán en el tercer estrato. Wienner fundamenta los estudios de la cibernética.
Claude Shannon es alumno de Bush y de Wienner. Y actúa de transmisor y amplificador de cuestiones iniciadas por ellos entre sus colegas más cercanos, como Stibitz y otros.

propósito general completo. Estaba circunscrita a la resolución de cierto tipo de problemas matemáticos. Con todo, su anticipación en la investigación de un sistema completamente electrónico fue un hecho muy notable. Y la computadora ABC se erigió en patrón de las que le sucederían, entre ellas la Eniac.

Atanasoff conoce a Mauchly y a Eckert

La efervescencia experimental en el mundo científico no era poca. De los centenares de matemáticos, físicos e ingenieros que trabajaron con inteligencia y dedicación en estos balbuceos electrónicos, tan sólo hay espacio aquí para citar a los que, por méritos propios y/o por la oportunidad, destacaron especialmente. Dos nombres nuevos emergen en este apartado, Mauchly y Eckert, a los que da entrada —según las ortodoxas reglas de la literatura— el personaje que hemos conocido en el apartado anterior.

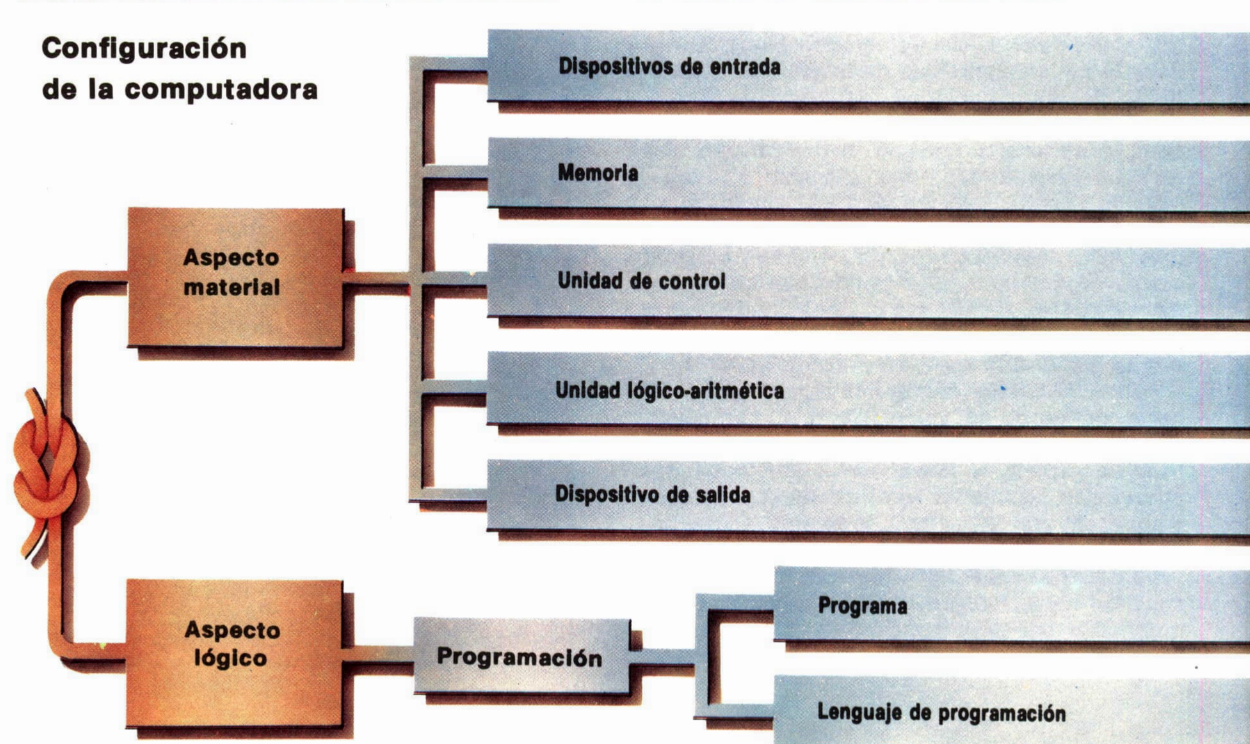
Atanasoff y Mauchly coincidieron, en diciembre de 1940, en un congreso que organizó la AAAS o, lo que es lo mismo, la *American Association for the Advancement of Science* (o, lo que es más claro, la Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia). Este encuentro de los dos investigadores fue muy provechoso. Mantuvieron un intercambio de ideas, movidos por intereses comunes. Años más tarde, ello desembocaría en una discusión agria, que llegó a plantearse ante medios jurídicos federales, en torno a quién correspondía la auténtica paternidad de la computadora electrónica.

John Mauchly había acudido al congreso científico para presentar una comunicación relativa a un pequeño calculador digital de su invención. Dirigía el departamento de física de una escuela universitaria de Filadelfia, era docente y tenía alumnos que se enfrentaban a problemas similares a los de los alumnos de Atanasoff, con la consiguiente lentitud en las operaciones de cálculo. A lo sumo estos estudiantes disponían de una regla de cálculo y de una tabla de logaritmos, lo que hoy nos parece muy rudimentario y de escasa ayuda. Si hubieran dispuesto de calculadora electrónica de bolsillo, como la que apareció en los años setenta, posiblemente sus profesores no se habrían ocupado de aparatos de cálculo. Mauchly construyó el calculador mencionado con el propósito de cubrir una evidente laguna.

No sabía este profesor que su intento le llevaría a fabricar un aparato de 30 toneladas.

Al año siguiente del encuentro con Atanasoff, Mauchly decidió ampliar sus conocimientos con unos estudios de ingeniería eléctrica en la escuela Moore, de la universidad de Pensylvania. Allí trabajaba como técnico de laboratorio J. Presper Eckert. La afinidad de intereses les llevó a colaborar y a tomar la decisión de fabricar un calculador electrónico.

La concepción de la computadora como reunión de lo material y lo físico se halla ya en Babbage. La dificultad de la realización de este esquema radica en la compleja relación que debe anudar el hardware y el software en una sola realidad. Hardware es el conjunto de circuitos del ordenador y software significa programación. La configuración física determina unas formas de programación y unos lenguajes, de la misma manera que, en justa correspondencia, la seriación de instruciones exige unas condiciones necesarias en los elementos físicos. Se trata de una relación indisoluble.



Mientras tanto, Eckert viajó a Iowa para visitar a Atanasoff y conocer la computadora ABC. Los tres personajes de nuestra historia ya habían trabado conocimiento.

Un convenio con el ejército

La escuela universitaria Moore estaba realizando un trabajo de mejora del analizador diferencial para uso del ejército. El objetivo era acelerar los tiempos de cálculo para así llegar a resultados que exigían recorrer un camino extremadamente largo y complejo. Se precisaba completar unas tablas de tiro balístico. Mauchly y Eckert consiguieron mejorar la rapidez y eficacia del aparato analógico, con una relación de 1 a 10. Pero, aún así, una tabla exigía el trabajo de un mes. Y la máquina había tocado su techo técnico.

En unos informes en los que estos investigadores exponían ideas propias junto con las de Atanasoff, expertos militares vislumbraron grandes posibilidades para realizar innovaciones radicales. Entre estas ideas destacaba la utilización de tubos de vacío para que, mediante impulsos que codificaran los números, se llevaran a efecto las operaciones. El Departamento de Artillería acogió abiertamente la propuesta de los dos científicos para realizar una computadora no especializada, con la que se pudiera elaborar cálculos balísticos y de todo tipo.

La decisión de incorporar tubos de vacío o válvulas eléctricas era una novedad, máxime si consideramos que el aparato de Atanasoff no se había dado a conocer por razones de patente. Estos artículos electrónicos existían desde finales del siglo pasado y se utilizaban para diversos fines, pero no en computación. Los tubos presentaban la propiedad de conectar y desconectar con gran rapidez una corriente eléctrica. Como consignaban los dos colaboradores de la escuela Moore, el uso de corriente en cantidades discretas de los tubos permitiría producir impulsos eléctricos para la codificación numérica. Todo ello no era un secreto. El propio Aiken conocía tales posibilidades, pero prefirió optar por un modelo más modesto y seguro como eran los relés electromecánicos, que no consumían tanta energía ni se fundían como las válvulas o tubos de vacío. La opción de Eckert y Mauchly era más arriesgada pero no menos elaborada. Ello explica el éxito de su máquina y la obsolescencia que la puesta en marcha de la Eniac supuso para la Mark I.

En la primavera de 1943 se aprobó el proyecto, que tenía un presupuesto inicial de 150.000 dólares. A principios de 1946 quedó finalmente completado y se presentó la Eniac, que era la abreviatura del nombre del proyecto, *Electronic Numerical Integrator and Computer* (Computadora e integradora numérica electrónica). El coste final alcanzó el medio millón de dólares (inversión similar a la de la Mark I), y no resultó una cantidad excesiva dado el tiempo de experimentación, el personal (unas 40 personas) y el abundante material.

La capacidad de cálculo de la Eniac era la mayor de lo que hasta entonces se había logrado. Realizaba las cuatro operaciones básicas, extraía raíces cuadradas y, además, podía discernir el signo de un número y confrontar dos números para determinar cuál era mayor. Su rapidez de cálculo superaba en cien veces a la Mark I, lo cual era factible por el diseño general y por la alta frecuencia de reloj de 100.000 Hz. Y más importante aún, la posibilidad de combinar sus distintos tipos de operación para desentrañar problemas que anteriormente no podían resolverse por medios mecánicos.

EL HARDWARE DEL ENIAC

La configuración física de la computadora era impresionante, hecho propio de los de esta etapa de colosos. Pesaba unas 30 t. Incorporaba más de 17.000 tubos de dieciséis tipos distintos. Consumía una desaforada cantidad de energía, entre 100 y 140 kWh, lo que consumiría una estación de radiodifusión de la época, o un gran bloque de casas o unas mil lavadoras. De manera accesoria, precisaba una instalación de aire acondicionado para evitar el recalentamiento del local. Medía 30 m de largo, 3 de alto y uno de ancho. Y, si todo él se hubiera dispuesto sobre una superficie, habría ocupado 1.600 m^2. Para tener una idea completa del hardware hay que añadir que, además, se componía de 70.000 resistencias, 7.500 interruptores y más de medio millón de conexiones.

Respecto a la capacidad operativa, la computadora Eniac podía recibir tres tablas de funciones con las que realizar cálculos más potentes. No poseía ninguna unidad de memoria central. Los acumuladores cumplían esa función, con una capacidad de diez dígitos cada uno. A la vez, desempeñaban labores múltiples, como el control del desarrollo del programa y la transferencia de datos a otras unidades. La entrada y salida de datos se efectuaba mediante tarjetas perforadas. La computadora presentaba también la interesante particularidad de integrar circuitos «y» («and»), circuitos «o» («or») y circuitos de báscula («flip-flop»), que posteriormente se han generalizado en las computadoras de alta velocidad.

Como muestra de la operatividad de la Eniac, una anécdota. Se sometió al aparato a una prueba con un problema de física nuclear, después de la apropiada programación. De haberlo tenido que calcular una sola persona por medios tradicionales habría tardado cien años. El Eniac necesitó dos horas para emitir su respuesta en fichas perforadas.

«Yo fui el primero»

¿Quién fue el inventor de la computadora electrónica? ¿Fue John Atanasoff con su computadora ABC? ¿Fueron John W. Mauchly y J. Presper Eckert con su Eniac? ¿O bien el mérito debe compartirse entre ellos? Ésta es la polémica que se encendió tiempo después de la década de las grandes invenciones y que llegó a plantearse ante el tribunal federal. La cuestión de fondo se cifraba no sólo en los méritos sino en los derechos económicos que de ellos se derivaban.
En enero de 1947, Eckert y Mauchly depositaron unos documentos relativos a su invento con el fin de patentarlo. Se les concedió la patente en 1964 y la propiedad pasó a pertenecer a Sperry Rand. Surgió entonces un conflicto de intereses, pues el reconocimiento de la patente significaba que otras compañías fabricantes de computadoras debían tributar royalties a los propietarios. Como consecuencia de ello la empresa Honeywell arguyó que el verdadero inventor de los sistemas electrónicos era Atanasoff, por contra de lo que hasta entonces se había creído de forma generalizada. Al final de la cuestión se llegó, con cierta parsimonia, en 1973, cuando un juez federal dictaminó que Atanasoff era el principal inventor.
El fallo del tribunal situó la polémica en sus justos términos. No hay un

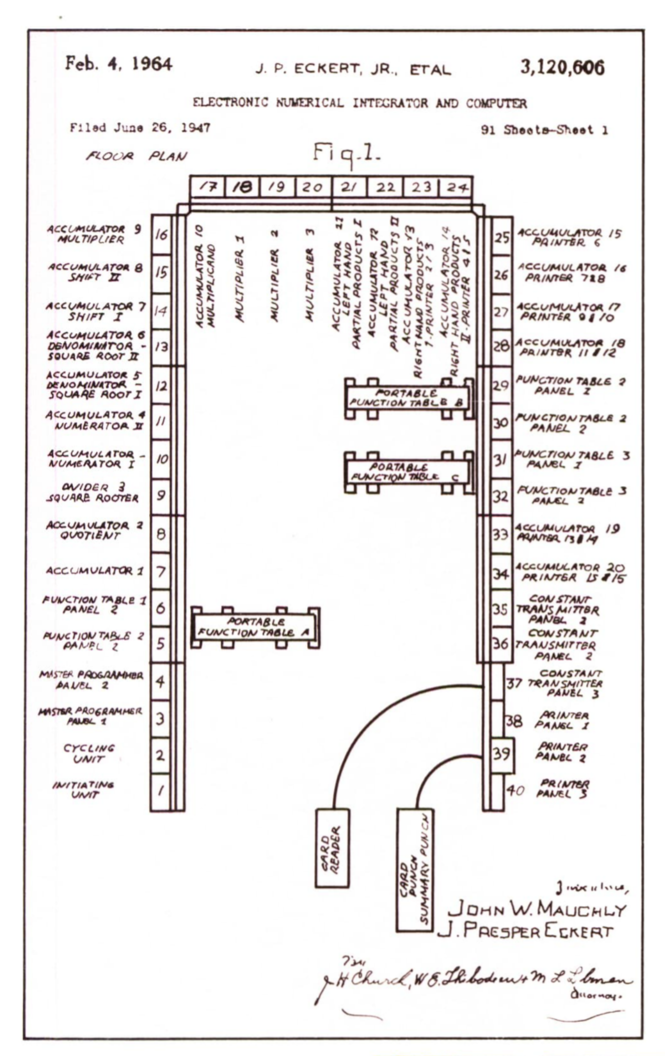
Posteriormente, la efectividad de la computadora se pudo comprobar perfectamente en los campos de tiro artillero. La Eniac se instaló en Aberdeen (Maryland), donde el ejército disponía de un polígono de pruebas. Tuvo una aplicación larga y diversa. Estuvo en funcionamiento durante diez años, lo cual es mucho tiempo si tenemos presente la inmensa evolución que comenzaba a producirse y que hacía palidecer las innovaciones y los ritmos precedentes. Se utilizó en tareas tan diferentes como calcular tablas balísticas, realizar la previsión atmosférica, elaborar cómputos relativos a la bomba de hidrógeno, proyectar diseños de un túnel de viento o de comprobación de efecto aerodinámico y, también, investigar las características de los rayos cósmicos.

El esquema de la derecha reproduce una página de la concesión de la patente de la Eniac a Mauchly y Eckert. En la parte superior izquierda figura la fecha de presentación de la solicitud (26 de junio de 1947) y la de su reconocimiento (4 de febrero de 1964). En la parte central de la ilustración, aparece el esquema de la estructura de la Electronic Numerical Integrator and Computer. El esquema representa las cuarenta unidades que configuran el aparato. La estructura se ordena desde la unidad 1, que es la inicializadora o de entrada, hasta las unidades 38, 39 y 40, que constituyen los mecanismos de salida, con impresión de resultados y perforación de tarjetas. A lo largo de su estructura, se disponen tres dispositivos para suministrar tablas de funciones matemáticas, que ocupan las unidades 5-6, 29-30 y 31-32. Entre estos dispositivos aparecen los 20 acumuladores, que cumplen las funciones de memoria, cálculo y reacción de progreso. En el esquema no se reflejan los elementos complementarios, como son los alimentadores, sistemas de ventilación y perforadora de tarjetas.

Comparación entre las computadoras Mark I y Eniac

Parámetros variables	***Mark I***	***Eniac***
Tipo	Electromecánico	Electrónico
Elementos	Relés	Válvulas
Fecha	1944	1946
Longitud	16 m	30 m
Altura	2 m	3 m
Peso	5 t	30 t
Operaciones	Sumar Restar Multiplicar Dividir	Sumar Restar Multiplicar Dividir Raíces cuadradas De entre dos números distinguir el mayor Capacidad combinatoria de las operaciones
Velocidad		100 veces superior (100.000 Hz)
Entrada y salida de datos	Cinta perforada	Fichas perforadas
Costo	Similar: 500.000 dólares	Similar: 500.000 dólares
Subvención	IBM	Ejército USA

Dos años separan a estos dos colosos de la computación, con diferencias muy notables en sus características y en su capacidad. Las dos computadoras son pioneras en su tipo, aunque no son las primeras, y constituyen un modelo cualificado de dos etapas: la electromecánica y la electrónica.

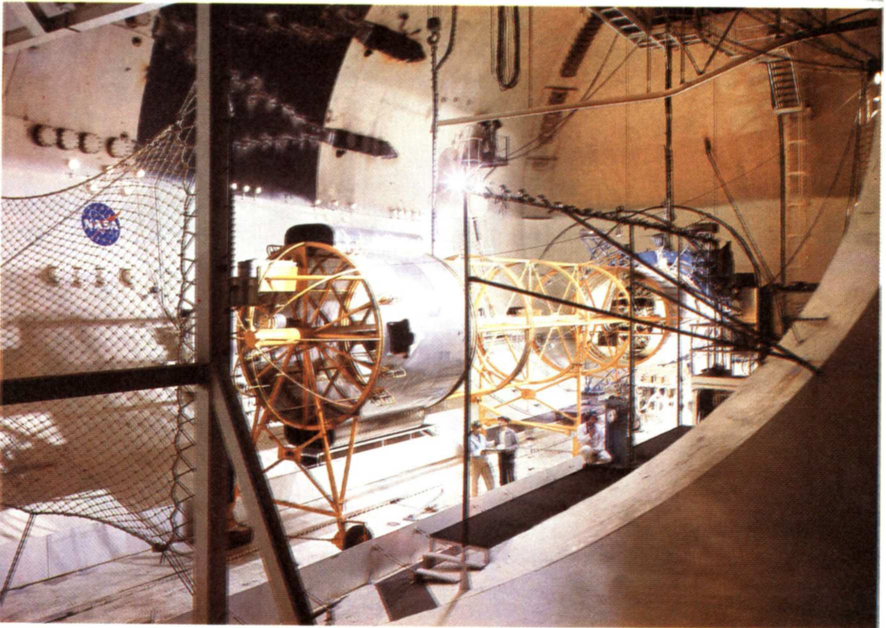


inventor único, máxime que nos hallamos en una época que exige la potenciación del trabajo en equipo en detrimento de las individualidades, salvo excepciones brillantísimas. Una condición entre otras, es la disponibilidad de recursos económicos y humanos. Atanasoff logró una modesta subvención de entidades oficiales y privadas y así pudo construir su computadora ABC.

Mauchly conoció a Atanasoff y se interesó por sus trabajos y, posteriormente, remitió a Eckert a la universidad de Iowa para que conociera la actividad de Atanasoff.

Mientras tanto, éste mantenía en relativo secreto la primera computadora electrónica de la historia, a la espera de poder patentarla, lo que no consiguió nunca. La suerte sí fue propicia para Mauchly y Eckert por la casual cooperación de la escuela Moore de ingeniería de la universidad de Pennsylvania con el ejército estadounidense. De ello se derivó el proyecto Eniac.

Entre otros elementos que evidencia la relación y la deuda para con Atanasoff, se presentó la correspondencia intercambiada entre Eckert-Mauchly y Atanasoff. Los primeros solicitaban permiso a éste para incorporar ciertas innovaciones del ABC a una máquina que proyectaban. Esta prueba fue determinante para el fallo del tribunal, en el que se sancionó la autoría principal de Atanasoff.



A la derecha, túnel de comprobación de efecto aerodinámico. La efectividad conseguida por la nueva computadora ENIAC, creada por Eckert y Mauchly en 1946, se hizo pronto patente en los más variados campos. En efecto, aunque inicialmente el proyecto se mantuvo en el campo de la industria bélica en razón del convenio suscrito con el ejército, sus aplicaciones pronto rompieron el estrecho círculo de las pruebas balísticas para pasar a realizar cálculos sobre la previsión atmosférica, cómputos relativos a la bomba de hidrógeno, investigaciones acerca de la característica de los rayos cósmicos y proyectos de diseño de túneles de viento o de comprobación de efectos aerodinámicos.

Las generaciones de computadoras

LOS OFICIOS DE LA GUERRA

En los años cuarenta se produjo la paradoja de que un hecho tan destructivo como la guerra activó muy enérgicamente la construcción de las predecesoras inmediatas de las actuales computadoras. La segunda guerra mundial provocó una enorme demanda de desarrollos computacionales. La Eniac fue el resultado de la específica necesidad de disponer de tablas de tiro para las nuevas armas y situaciones que aparecieron. Un amplio contingente humano fue adscrito al pilotaje de aparatos de sofisticado manejo, como por ejemplo los aviones de combate, y era necesario suministrar indicaciones precisas de actuación, como las referidas al disparo de bombas, etc. Repentinamente se desató una fiebre por poseer el control de la mayor cantidad de información posible y por automatizar procesos complejos.

En Bletchley Park, Inglaterra, se puso en funcionamiento la computadora Colossus I. Se utilizó a partir de diciembre de 1943 para realizar análisis criptográficos. Automatizaba los complejos cálculos necesarios para decodificar los mensajes militares alemanes cifrados. Éstos eran codificados por una máquina denominada Enigma, que realizaba sucesivas sustituciones de letras, en juego recursivo de codificaciones de mensajes codificados y vueltos a codificar. La tarea de la Colossus I consistía en cotejar diversos patrones para descubrir cuál era el utilizado y, mediante un cálculo de probabilidades, descifrar las letras según la frecuencia de uso normal en la lengua empleada.

La década de los cuarenta significó la preparación de las inmediatas generaciones de computadoras. Durante estos años estas máquinas encontraron su lugar en recintos universitarios y militares, y se dedicaron a tareas concomitantes de investigación y de medicina. Con el inicio de los años cincuenta se abrió la computación a un tercer ámbito, hasta entonces no cultivado, que fue el comercial y empresarial.

Los mismos científicos que participaron en el despegue técnico de las computadoras electrónicas tendieron un puente entre la etapa de los preparativos y la primera generación. Hasta el presente, se han sucedido cuatro generaciones, con una duración variable. Las caracteriza el uso distintivo de elementos de hardware como la válvula, el transistor, el circuito integrado y el *chip* o circuito integrado microminiaturizado, respectivamente. Éste es el ámbito temporal y las características de cada generación:

- Primera generación: *tubo de vacío* (1951-1958).
- Segunda Generacion: *transistor* (1959-1964).
- Tercera generación: *circuito integrado* (1965-1970).
- Cuarta generación: *microprocesador* (1971-?).

El criterio diferenciador de cada generación se halla, indefectiblemente, en los componentes del hardware. En las primeras generaciones se trata de componentes de los circuitos y en las otras siguientes de tipos de circuitos.

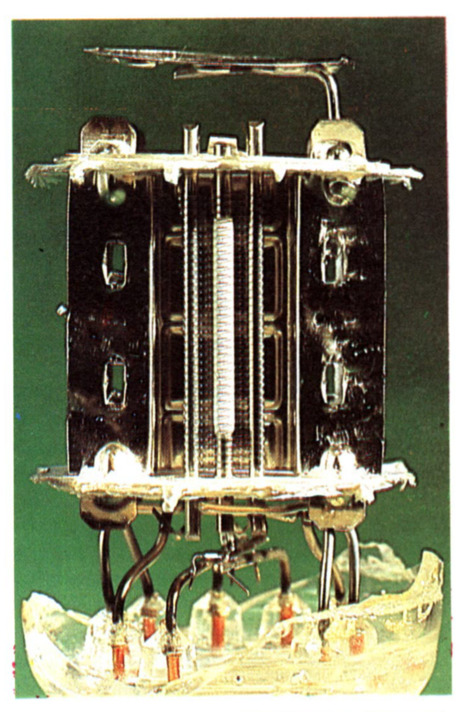
La cuarta generación, que se inició a principios de los años setenta, llegará a su fin cuando se introduzca un nuevo elemento que reestructure una vez más las condiciones generales. De la quinta generación se habla ya desde hace años y hay exorbitantés presupuestos y gobiernos comprometidos en el reto. No se sabe cuándo se producirá su advenimiento. Sí se sabe, no obstante, que no se producirá por la innovación de un nuevo elemento físico sino por la remodelación del software, lo cual será una novedad completa. Se espera que la quinta generación venga asociada a la programación de las computadoras en lenguaje natural, esto es, mediante alguna lengua utilizada comúnmente en un área lingüística. Ello podría suponer la superación de buena parte de los lenguajes de computación.

LA PRIMERA GENERACIÓN

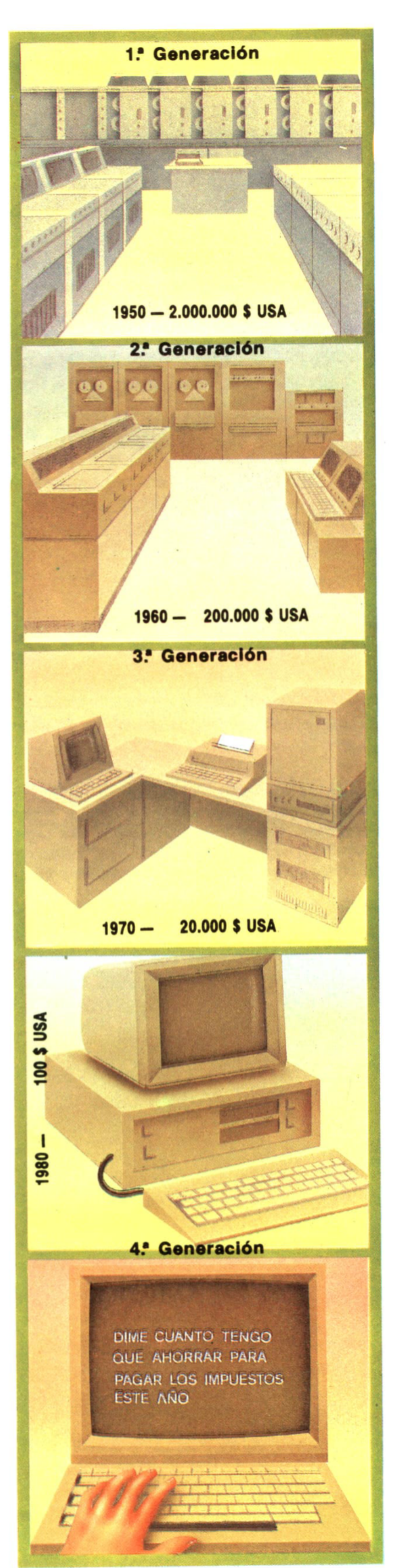
Donde Mauchly y Eckert conocen a von Neumann

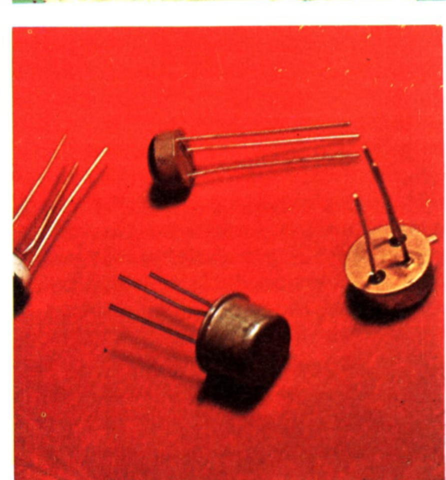
Para entrar en la primera generación hemos de retomar el hilo narrativo donde lo dejamos, en la Eniac. Un año antes de que se lograra acabar esta computadora, se unió al equipo un matemático húngaro, John von Neumann, que estaba destinado a ser uno de los cerebros más preclaros de la investigación en este campo. Participó en los trabajos de la Eniac y tuvo ocasión de reflexionar acerca de los principios del aparato que iba a entrar en breve en funcionamiento.

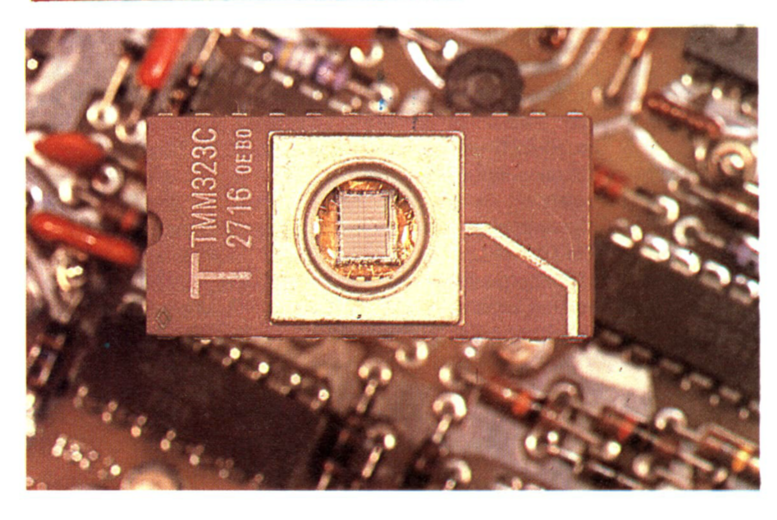
La Eniac estaba cableada y conectada de manera que pudiera realizar un tipo de cálculos.



Izquierda arriba, interior de un diodo o tubo de vacío, hoy casi en extinción.
Centro izquierda, transistores, elementos que entran a formar parte de la historia de la computación a partir de 1930.
Izquierda abajo, circuito integrado con un diminuto chip encima, un perfecto botón de muestra del proceso de miniaturización emprendido en la década de los setenta con los chips de silicio. A la derecha, las secuencias del dibujo muestran el proceso de reducción del tamaño de las computadoras, así como la disminución progresiva de su precio que oscila entre los dos millones de dólares USA de 1950 y los 100 dólares USA de 1980.







Cada vez que se quería cambiar de actividad computacional, se debía rehacer todo el trabajo. Ello significaba la previa planificación y también un trabajo de varias horas. La computadora era de propósito general, pero demandaba la remodelación de las conexiones como condición para programar nuevas tareas.

Von Neumann maduró una idea luminosa para superar estas limitaciones lógicas, agilizar las funciones y alcanzar mayor fiabilidad. Se apercibió el matemático de que una computadora podía ser diseñada con una memoria más capaz de lo que lo eran los acumuladores de línea y con una estructura más flexible. Logrado este paso fundamental, vendría fácilmente lo demás porque, a continuación, bastaba con introducir en la máquina las instrucciones a la vez que se hacía otro tanto con los datos. La memoria almacenaría las dos clases de información, la relativa a la forma de operar y aquélla sobre la que se debía operar. Con la adecuada construcción del aparato, éste sabría, desde el principio, cómo trabajar y tan sólo demandaría la información que atañera a los datos, salvo que se pretendiera otras aplicaciones o modificaciones. Y así se evitaría manipular la parte física de la computadora, sin necesidad de volver a cablearla, y permanecería inalterable.

Abajo, la unidad central de la computadora IBM 360, perteneciente a la tercera generación que introdujo el circuito integrado. Las computadoras de esta serie podían, por primera vez, ser interconectadas en forma de red, superando el aislamiento propio de los modelos anteriores.



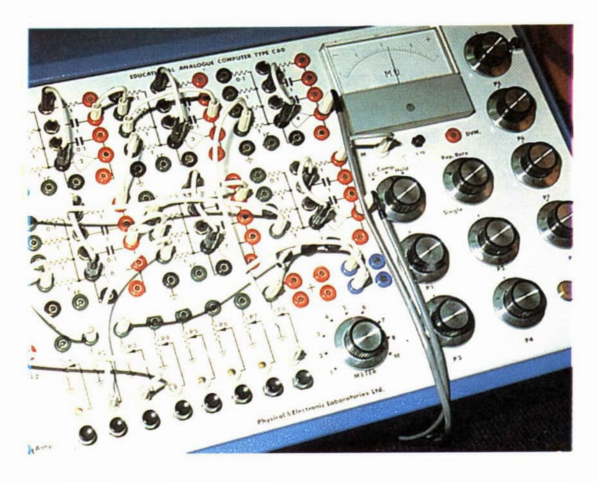
En esencia, estos son los rasgos de la idea de von Neumann de la computadora con programa incorporado. Su brillantez fue comprobada rápidamente y aplicada a computadoras que, como en un símil con dinosaurios —por el paralelismo de su tamaño y su supuesta torpeza—, comenzaban a desperezarse y mostrar mayor capacidad de reflejos. Los programas maestros se almacenaban directamente en los aparatos, mediante instrucciones codificadas, y las máquinas disponían de ellos directamente. La posibilidad de interacción entre computadora y programa también cabía.

Los dos técnicos directores de la Eniac comprendieron la gran validez de la teoría de von Neumann y diseñaron un nuevo proyecto. Dejaron la universidad de Pennsylvania y crearon una pequeña empresa privada, que fue absorbida en 1950 por la Remington Rand, más conocida como Sperry Corporation. Mientras Mauchly y Eckert iniciaban su nueva etapa e investigaban y publicaban informes de sus progresos, entre los que figuraba crear un aparato programado y con memoria de 8.000 palabras de 32 bits, por iniciativas diversas se construyeron algunas computadoras que incorporaban parte de estas innovaciones. La EDSAC, *Electronic Delay Storage Automatic Calculator,* ya poseía programa incorporado y rompía con lo hecho hasta entonces. La construyó el equipo británico dirigido por Maurice Wilkes, en Cambridge. La primera de estas características fabricada en Estados Unidos fue la EDVAC, *Electronic Discrete Variable Automatic Computer,* que apareció en 1950, y trabajaba en binario. Correspondía a la versión de la Eniac, ampliamente modificada el modelo original, según la propuesta de Von Neumann. Otras le siguieron, y se conocieron con nombres tan crípticos como los de ORDVAC, ILLIAC, MANIAC, JOHNIAK, WEIZAC, etc.

El modelo de la primera generación: UNIVAC I

Se había recorrido el camino necesario para entrar en la amplia y vigorosa etapa de la computación comercial. Tres grandes pasos habían colocado la evolución tecnológica en las puertas de la primera generación. Tres pasos que pueden ser simbolizados por tres nombres propios: Mark I, Eniac, Edvac. Mark I lidera las computadoras electromecánicas. Eniac agrupa a las electrónicas. Y Edvac abandera a aquellas del tipo determinante, por la doble característica de poseer programa incorporado y emplear aritmética binaria. La investigación había alcanzado un buen nivel de madurez tecnológica. Y la fabricación y comercialización de computadoras a gran escala estaba a punto de iniciarse.

Arriba a la derecha, la imagen corresponde a una computadora analógica educativa del tipo C 60 de transistores. Abajo, una perforadora de fichas de la segunda generación de computadoras. La introducción del transistor en el sistema lógico, sustituyendo al tubo de vacío, permitió una notable disminución del tamaño, así como del consumo energético, de la tensión eléctrica y de las averías.





En todo esto también participaron dos de nuestros personajes. Naturalmente, Eckert y Mauchly. Constituidos en empresa, inmediatamente fabricaron una computadora más rápida y más barata que la anterior. Ésta se llamó BINAC (1949).

La computadora Binac era una promesa de progreso técnico y de un futuro desarrollo comercial. En 1951 terminaron un nuevo aparato, la UNIVAC I. Con ella se inicia la primera generación de computadoras. Su nombre completo era el de *Universal Automatic Computer (computadora automática universal)*, y fue comercializada por Sperry Rand.

La consideración que la Univac I merece como prototipo de las de su clase no es fruto de la casualidad. Estaba diseñada para tratar eficazmente una gran cantidad de datos propios del ámbito de la empresa. Merced a ello, la computadora dejaba de ser una herramienta exclusiva de militares y científicos y entraba plenamente en el mundo civil y de los negocios. Disponía de un programa memorizado y de circuitos de control automático. Si se compara con la Eniac, su capacidad de trabajo era diez veces mayor, su rapidez alcanzaba una rentabilidad diez veces superior y en el espacio que ocupaba la Eniac cabían otras diez computadoras Univac I.

Limitaciones de Univac I

Los grandes progresos de la primera generación no evitaban que estas máquinas fueran grandes, pesadas y utilizables para unas aplicaciones aún bastante limitadas. Sus sistemas estaban constituidos por tubos de vacío, que consumían mucha energía, desprendían bastante calor y tenían una vida media relativamente corta, lo que provocaba fallos e interrupciones del proceso. Estos tubos de vacío o válvulas eran similares a los que se utilizaban en los viejos aparatos de radio o televisión, pero más largos —para disipar el calor—, lo que exigía en las computadoras mucho espacio y una ventilación atendida por sistemas auxiliares de aire acondicionado.

El primer aparato Univac I fue entregado a la oficina federal del censo en junio de 1951. Fue la primera máquina que se utilizó para computar los votos de una elección presidencial. Funcionó a plena satisfacción en las elecciones de 1952, en las que resultó electo Dwight Eisenhower.

Se ha indicado anteriormente que el elemento diferenciador de la primera generación de computadoras es el tubo de vacío, porque es un contraste perfecto frente a los elementos de la siguiente generación. No obstante, las características de esta primera generación son más amplias, y también pueden ser contrastables parcialmente. Reconsideremos esquemáticamente algunas de estas características:

- *Tubos de vacío.*
- *Grandes dimensiones.*
- *Alto consumo de energía.* El voltaje de los tubos era de 300 V y la posibilidad de fundirse era grande.
- *Uso de tarjetas perforadas.* Se utilizaba un modelo de codificación de la información originado en el siglo pasado, las tarjetas perforadas.
- *Almacenamiento de información en tambor magnético interior.* Un tambor magnético, dispuesto en el interior de la computadora, recogía y memorizaba los datos y los programas que se le suministraban mediante tarjetas.
- *Lenguaje máquina.* La programación se codificaba en un lenguaje muy rudimentario denominado «lenguaje máquina». Consistía en la yuxtaposición de largos bits o cadenas de ceros y unos. La combinación de los elementos del sistema binario era la

única manera de «instruir» a la máquina, pues no entendía más lenguaje que el numérico. Por consiguiente, la programación resultaba larga y compleja. Con posterioridad aparecieron lenguajes más elaborados o ensambladores, en los que ya cabían instrucciones más sintéticas que las de los números.

- *Fabricación industrial.* La iniciativa privada se aventuró a entrar en este campo e inició la fabricación de computadoras en serie. Hasta entonces los proyectos se habían originado y desarrollado en centros públicos de investigación, debido a las grandes inversiones que exigían, al alto riesgo de fracaso que entrañaban y a las escasas o nulas aplicaciones comerciales.
- *Aplicaciones comerciales.* La gran novedad fue el uso de la computadora en actividades comerciales (nóminas, facturación, contabilidad) así como en el tratamiento de datos, en general.

La Univac I fue la primera computadora comercializada para su utilización por las empresas. Ello ocurrió en 1951. Al año siguiente se puso a la venta una computadora de tipo científico, la IBM 701. Esta misma casa superó tiempo después las prestaciones de la Univac I con el modelo 705.

LA SEGUNDA GENERACIÓN

La serie 700 de IBM es un excelente arquetipo de la fabricación industrial y de la fabricación de las computadoras. No obstante ello, las características de la generación condicionaban su utilización real.

Su carestía y tamaño hacía prohibitiva su compra a cualquier centro que no fuera una gran empresa o ministerios. Este panorama cambió con la llegada de la segunda generación y la sustitución de los tubos de vacío por transistores.

La introducción del transistor en el sistema lógico se hizo a finales de los años cincuenta, entre 1958 y 1959. La invención del transistor se produjo unos años antes, en 1947, y se debió a la labor de tres investigadores: Walter Brattain, John Bardeen y William Schockley. Fue una colaboración de diferentes especialistas, que merecieron el galardón del premio Nobel en Física de 1956. La teoría de la superconductividad y la experimentación del efecto de amplificación en el germanio permitieron el descubrimiento.

El transistor no se incorporó inmediatamente a las computadoras. Se requirió su perfeccionamiento y, posteriormente, su adecuación a los sistemas de las nuevas máquinas. La transistorización de las computadoras se experimentó por vez primera en el MIT, con el TX-O, en 1956. Un par de años más tarde se comercializaron los primeros modelos.

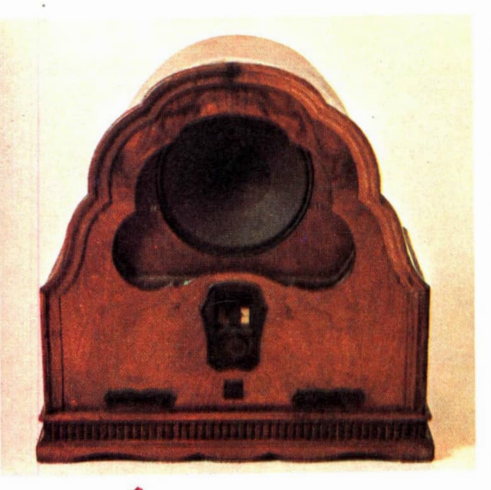
El transistor realizaba la misma función que el tubo de vacío, con la diferencia de que su tamaño era mucho menor, así como su consumo energético, tensión eléctrica, producción de calor y averías. Todo ello es suficientemente elocuente; habla de la revolución que supuso para la computación y, de forma extensiva, para la electrónica. Como anécdota, valga la siguiente. Uno de los aparatos domésticos más corrientes de la época, la radio, llegó a cambiar su nombre tradicional por el de «transistor». En todo caso, uno y otro nombre respondían al mecanismo de la sinécdoque o designación de algo por el nombre de una de sus partes.

Las computadoras se beneficiaron sensiblemente del cambio técnico. Al disminuir su tamaño, descendió el costo de los componentes y aumentó su capacidad. Ello significó un abaratamiento del producto y un mayor atractivo comercial por las nuevas capacidades de operación añadidas. La línea de progresión estaba marcada e iniciada: con cada nueva generación, los precios iban a descender drásticamente y la disponibilidades lógicas habían de aumentar de forma espectacular.

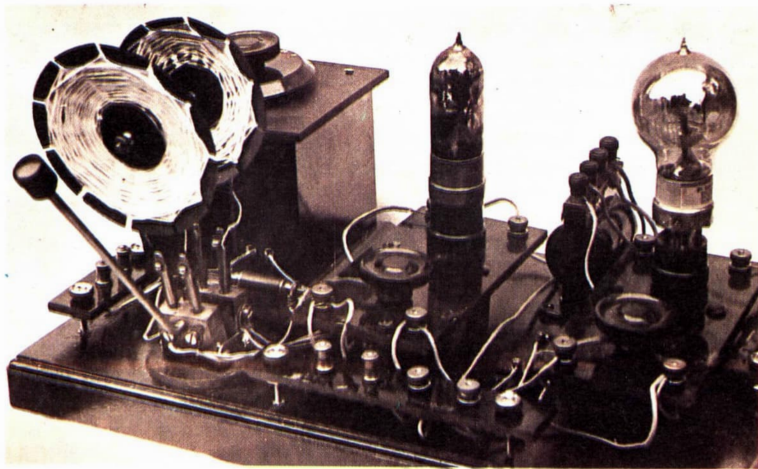
La demanda de estas computadoras de la segunda generación aumentó muy considerablemente. Los aparatos que tuvieron más aceptación pertenecían a dos grandes empresas, Sperry Rand e IBM. Los modelos más destacados fueron el Sperry Rand 1207, los de la serie 1400 y 1700 de IBM, y el CDC 3600.

Características principales

- *Transistor.* El componente principal es un pequeño trozo de semiconductor, y se dispone en los llamados circuitos transistorizados.
- *Disminución de tamaño.* A la disminución de volumen de los componenes hay que añadir la de otros aspectos, como son los dispositivos auxiliares de ventilación y la separación entre componentes para evitar el calentamiento. También, la sencillez de los sistemas simplifica la estructura general y aporta mayor economía espacial.
- *Disminución del consumo y de la producción de calor.* La tensión de alimentación pasa a ser 10 V, frente a los 300 en el caso del tubo de vacío. El consumo desciende radicalmente, así como la cantidad de calor generado.
- *Aumento de la fiabilidad.* Disminuye el riesgo de incidencias o averías con la incorporación del transistor por razón de su reducido voltaje. Su fiabilidad alcanza cotas inimaginables con las efímeros tubos de vacío. El transistor, que está constituido por silicio o germanio, tiene una vida ilimitada.
- *Mayor rapidez.* La simplificación y reducción de circuitos aporta una mayor rapidez de fun-



1



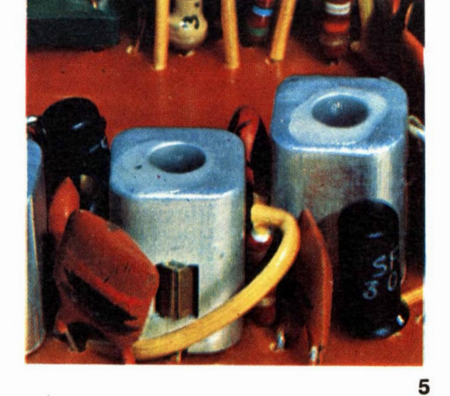
2



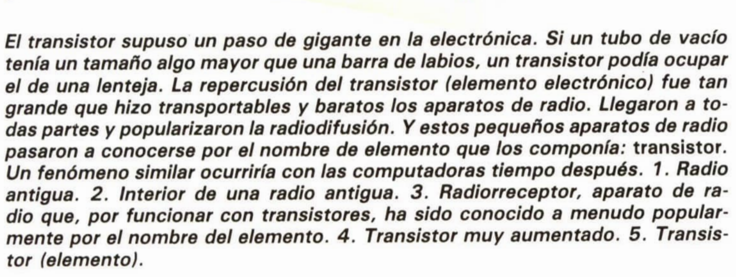
3



4



5



El transistor supuso un paso de gigante en la electrónica. Si un tubo de vacío tenía un tamaño algo mayor que una barra de labios, un transistor podía ocupar el de una lenteja. La repercusión del transistor (elemento electrónico) fue tan grande que hizo transportables y baratos los aparatos de radio. Llegaron a todas partes y popularizaron la radiodifusión. Y estos pequeños aparatos de radio pasaron a conocerse por el nombre de elemento que los componía: transistor. *Un fenómeno similar ocurriría con las computadoras tiempo después. 1. Radio antigua. 2. Interior de una radio antigua. 3. Radiorreceptor, aparato de radio que, por funcionar con transistores, ha sido conocido a menudo popularmente por el nombre del elemento. 4. Transistor muy aumentado. 5. Transistor (elemento).*

cionamiento. La velocidad de las operaciones ya no se mide en segundos sino en *microsegundos* (millonésima de segundo).

- *Memoria interna de núcleos de ferrita.* La capacidad de la memoria interna se amplía grandemente con la incorporación de los paneles de memoria construidos con núcleos magnéticos de ferrita. Y se abandona el uso de tambores magnéticos dentro de la computadora.

Los núcleos de ferrita son diminutas hembrillas que se disponen en planos sucesivos, formando un entramado de conexiones que se asemeja a una superposición de tapices extremadamente detallistas y etéreos. También puede compararse cada panel con una red muy tupida. Este sistema de memoria interna presenta varias ventajas con respecto al tambor. No posee elementos móviles, con

lo que disminuye el riesgo de averías. El acceso a los distintos apartados de memoria es directo y no está sujeto a tiempos muertos de espera. Y permite una rapidez de consulta impensable en un sistema mecánico.

- *Instrumentos de almacenamiento.* Se desarrollan elementos accesorios para almacenar en el exterior información. Ciertos instrumentos magnéticos, capaces de registrar información, ya se conocían años atrás, pero no habían podido ser aplicados eficazmente. Con esta generación empiezan a utilizarse y compiten ventajosamente con las tarjetas perforadas. Estos instrumentos son las cintas, los discos y los tambores magnéticos. Permiten introducir y extraer información de la computadora con mayor rapidez y, a la vez, comportan una mayor condensación de la información en un espacio muy reducido. Una simple cinta magnética puede almacenar el contenido de millares de tarjetas perforadas.
- *Mejora de los dispositivos de entrada y salida.* Los dispositivos de entrada y salida se adaptan a los instrumentos magnéticos de almacenamiento exterior de información. Y alcanzan una mayor capacidad de recepción y transmisión de datos. Para la mejor lectura de tarjetas perforadas se disponen de aparatos con células fotoeléctricas. Las impresoras también aumentan su capacidad de trabajo, lo que se traduce en rapidez.
- *Introducción de elementos modulares.* Los componentes físicos de la computadora dejan de concebirse como elementos separados. La construcción de los aparatos incorpora el concepto de lo modular. Los nuevos diseños integran diversos elementos en pequeños módulos. De esta manera, el control del funcionamiento, el mantenimiento y la reparación de las averías se convierten en tareas más simples y baratas.
- *Lenguajes de programación más potentes.* Los complicados y limitados lenguajes máquina quedan superados con la creación de los lenguajes simbólicos. De éstos se suceden dos tipos en clara progresión técnica, los *ensambladores* y los de *alto nivel.* Se denomina simbólicos porque su escritura no se fundamenta en largas series de números, sino en notaciones alfabéticas y numéricas, que poseen significado.

La programación en un lenguaje ensamblador requiere la indicación a la máquina de todos los pasos del proceso y no puede apoyarse directamente en fórmulas matemáticas. Por ejemplo, para programar una simple ecuación que consiste en equiparar un término a la suma de dos variables (A = B + C) la máquina debe proceder en tres pasos, lo que puede codificarse con una sola instrucción mediante la programación en lenguajes de alto nivel. Los lenguajes de alto nivel resultan mucho más sintéticos, son susceptibles de utilizar fórmulas matemáticas y su mayor simplicidad permite aprender sus estructuras en mucho menos tiempo.

Los lenguajes de alto nivel han sustituido en la mayoría de los casos a los lenguajes de ensamblaje.

Entre los primeros lenguajes de alto nivel destacan varios de ellos que han hecho fortuna y hoy día siguen en uso. El FORTRAN se creó especialmente para aplicaciones científicas, así como el COBOL se diseñó para facilitar la gestión comercial. Otro más es el ALGOL que pretendía sintetizar las ventajas de los dos anteriores.

LA TERCERA GENERACIÓN

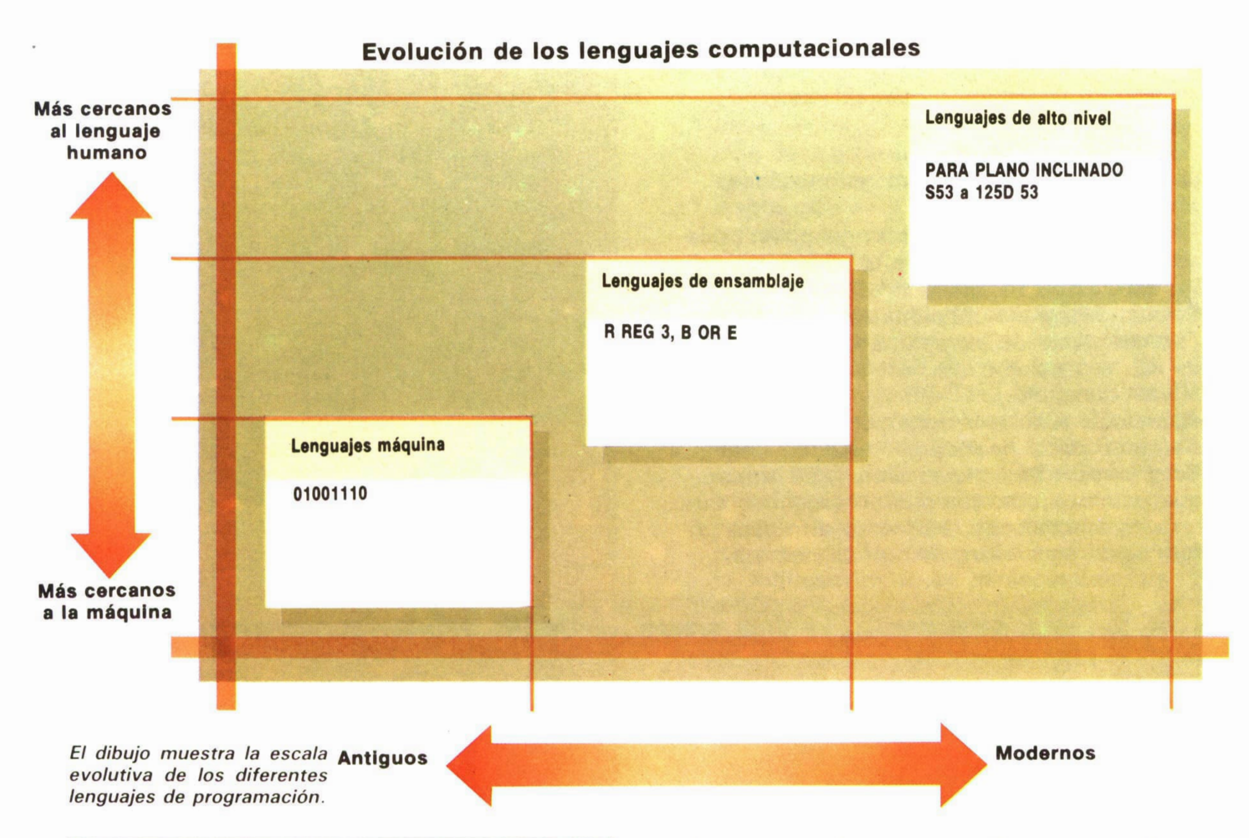
Unos conceptos de singular repercusión

La tercera generación ocupa los años que van desde finales de 1964 a 1970, la mitad de la década de los sesenta. El salto cualitativo que se produce está relacionado con el elemento impulsor de la generación anterior, el transistor. Se ha iniciado un proceso de miniaturización que nos ha conducido a una integración de componentes en espacios casi microscópicos. El transistor evolucionaría a formas mucho más pequeñas. Pero ésa no fue la verdadera novedad de la tercera generación.

La idea de reunir en un pequeño soporte todo un grupo de componentes se concibió en 1952. Se trataba del *circuito integrado.* Fue desarrollado en 1958 por Jack Kilbry, de Texas Instruments. El período experimental se dilató hasta 1964, fecha en la que efectivamente se inaugura la nueva generación. En ese momento de quiebra de modelos se podía reunir treinta componentes en un soporte cuadrado de cinco milímetros de lado.

La utilización efectiva se produjo con la aparición de la serie 360 de IBM. Aportaban nuevos conceptos y un diseño nuevo. Las computadoras de esta serie podían ser interconectables en red. Ello constituyó una profunda novedad, pues hasta el momento cada computadora era una unidad independiente y aislada de cualquier otro proceso. Además, todos los modelos de la serie eran compatibles. La programación para una máquina pequeña podía utilizarse en otra de características más amplias. La supresión de trabajos de conversión del software fue un alivio considerable y aportó otra novedad sustancial.

Por añadidura, la capacidad de los nuevos aparatos se potenció. Y otros periféricos hicieron su aparición, con mayores prestaciones que los propios de los elementos auxiliares tradicionales. Con el concepto de *sistema* (como los sistemas 360 y 370) se alcanzaba una línea de



El dibujo muestra la escala evolutiva de los diferentes lenguajes de programación.

Los lenguajes de programación

Se calcula que existen varios millares de lenguajes de programación. Esa abundancia viene motivada por la exploración que, de ese nuevo terreno experimental, se ha llevado a cabo por diferentes iniciativas que no han podido converger en esfuerzos comunes.
Muchos de estos lenguajes son variaciones de un patrón general y responden a mejoras técnicas, en tanto otros lo son por razones meramente comerciales.
La evolución ha dado paso a nuevos lenguajes con una capacidad cada vez mayor, tendiendo o bien a la especialización o bien a una aplicación general.

Veamos algunos de los principales lenguajes computacionales:
SHORT CODE (1949). – Es un lenguaje desarrollado por el Dr. Mendy para la computadora UNIVAC.
SPEED CODING (1953). – Se crea para las aplicaciones de software para la empresa IBM.

diversos modelos, con diferentes periféricos, que se acercaba a la diversidad de necesidades de los usuarios. IBM, Digital y Sperry fabricaron las computadoras más conocidas.

Esta aparición de cambios conceptuales no se limitó a los ya enunciados. Aportó, también, el de *tiempo compartido* y *teleproceso*. La posibilidad de conectar a distancia una computadora con terminales proveyó una nueva técnica comercial. Consistía en que los usuarios que no necesitaran una computadora en exclusiva podían usar los servicios de una computadora central. Varios clientes compartían el tiempo de gestión del aparato mediante un abono, y cotizaban según el tiempo de uso. Con ello la computadora se acercaba a la forma de uso comercial del teléfono.

Hacia el final de la tercera generación se incorporó una realización que rompía esquemas: la *minicomputadora*. Se inició la construcción de computadoras más pequeñas que las corrientes. Ocupaban lo que un pequeño armario ropero y estaban destinadas a facilitar el trabajo de científicos e ingenieros. Digital *(Digital Equipment Corporation)* realizó este primer paso con modelos que respondían a la idea de miniaturización, como por ejemplo el DEC PDP-8.

La minicomputadora había de hacer fortuna en la próxima generación y se convertiría en el producto más activo de todos los que produciría la industria de la computación. Se introduciría con dinamismo en todos los ámbitos

referidos y en los de gestión, y rompería con el concepto de tratamiento centralizado.

Los trazos de la evolución generacional

No pocas características singularizan poderosamente los desarrollos de la tercera generación. Éste es su resumen:

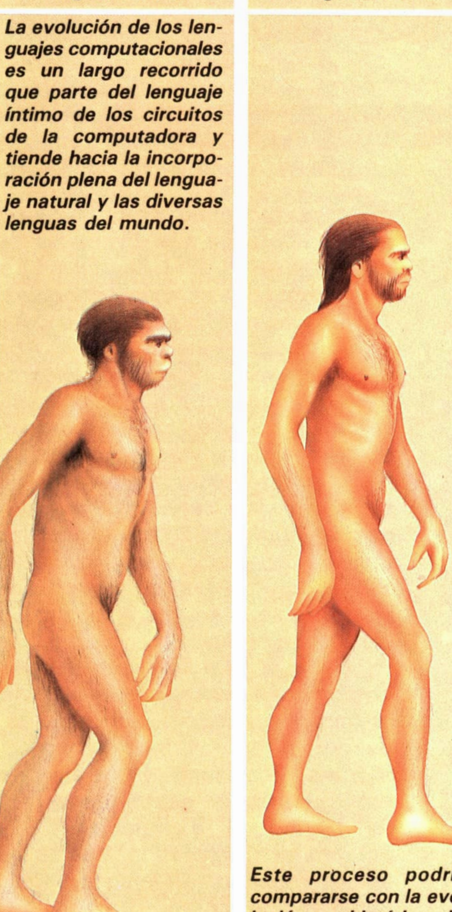
- *Circuito integrado.* Miniaturización y reunión de centenares de elementos en una plaquita de silicio o «chip».
- *Menor consumo.*
- *Apreciable reducción de espacio.*
- *Aumento de la fiabilidad.*
- *Teleproceso.* Se instalan terminales remotos, que acceden a la computadora central para realizar operaciones, extraer o introducir información en bancos de datos, etcétera.

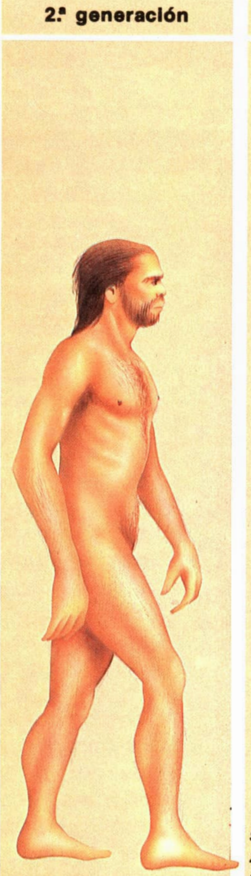
FORTRAN (1956).—Su nombre responde a la abreviación de la expresión FORmula TRANslation *(Convención de fórmulas). Su creador es J. Backus. Sus características eminentemente matemáticas le hacen muy apropiado para aplicaciones de investigación, a pesar de que posteriormente a su aparición han surgido otros lenguajes más dinámicos para dicho uso.*

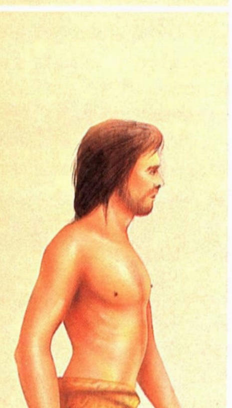
JOVIAL (1959).—Lenguaje arquetípico que crea escuela y activa la creación de otros modelos. Es el primer lenguaje cuya constitución no le constriñe a una particular aplicación. Da paso a la saga de lenguajes no especializados.

1.ª generación	2.ª generación	3.ª y 4.ª generación	5.ª generación











La evolución de los lenguajes computacionales es un largo recorrido que parte del lenguaje íntimo de los circuitos de la computadora y tiende hacia la incorporación plena del lenguaje natural y las diversas lenguas del mundo. Este proceso podría compararse con la evolución prehistórica del ser humano hasta alcanzar su madurez lingüística e intelectual. Su punto de origen es un estadio prehistórico y apenas diferenciable de lo animal. Sirviéndonos de este símil, los lenguajes de programación aún no han alcanzado ese grado de madurez, eficacia y facilidad que caracteriza al lenguaje natural.

LISP (1959).—De LISt Processing *(tratamiento de listas). Se creó en el MIT para su aplicación en ámbitos de inteligencia artificial.*
COBOL (1960).—De Common Business Oriented Lenguaje *(Lenguaje orientado a la gestión). Se creó a instancias del Departamento de Defensa norteamericano. Es un lenguaje especializado para aplicaciones de gestión empresarial.*
BASIC (1964).—De Beginners All Purpose Symbolic Instruction Code *(Código de Instrucciones simbólicas de uso general para principiantes). Se creó en el Dartmouth College para finalidades didácticas y se ha convertido en el lenguaje de alto nivel más extendido. Sus versiones y dialectos son innumerables.*
PASCAL (1969).—Su nombre no es una abreviación sino un homenaje al filósofo y matemático del siglo XVI Blaise Pascal. Se creó en la escuela politécnica de Zurich, merced a los trabajos de N. Wirth, y la universidad de San Diego (California) desarrolló la versión más extendida, el Pascal UCSD. Es un lenguaje muy apropiado para la investigación y la enseñanza universitaria.
ADA (1975).—Su nombre es un homenaje a lady Augusta Ada Byron, la primera persona que realizó programas en el siglo XIX. El lenguaje fue patrocinado por el ejército norteamericano y realizado por el equipo de J.M. Ischbia.
LOGO (1976).—Lenguaje creado por Seymour Papert, discípulo del psicólogo Piaget. Se desarrolló en el MIT y se apoyó en el LISP,

- *Trabajo a tiempo compartido.* Uso de una computadora por varios clientes a tiempo compartido, pues el aparato puede discernir entre diversos procesos que realiza simultáneamente.
- *Multiprogramación.* Para que sea factible el uso a tiempo compartido es preciso haber diseñado la computadora de forma que pueda procesar varios programas de manera simultánea. Ello se conoce como multiprogramación.
- *Renovación de periféricos.* Se renuevan y se crean periféricos de entrada y salida que alcanzan mejores prestaciones en rapidez y eficacia.
- *Generalización de los lenguajes de alto nivel.* Los lenguajes máquina pierden terreno en favor de lenguajes de alto nivel, como COBOL y FORTRAN.
- *Instrumentalización del sistema.* La fabricación de hardware atiende a la realización de aparatos conectables para formar una red. La disposición de la computadora en un sistema potencia su capacidad.
- *Compatibilidad.* Comienzan a atenderse en todas las empresas fabricantes de hardware los problemas que plantea la incomunicabilidad de los programas de unos aparatos con otros. Se alcanzan algunos logros en la cuestión de la compatibilidad de programación.
- *Ampliación de las aplicaciones.* La operatividad se amplía con nuevas aplicaciones a procesos industriales y también educativos (Instrucción asistida por computadora).
- *La minicomputadora.* La miniaturización de los sistemas lógicos y de memoria conduce a la fabricación de la minicomputadora, que agiliza y descentraliza los procesos.

Como se puede comprobar en esta sistematización, son múltiples los vectores que movilizan toda la energía necesaria para conseguir un cambio general en los equipos de computación. Los elementos del hardware que abren paso a lo demás (como son el transistor, el circuito integrado y el microprocesador, cada uno en su momento) son factores materiales de cambio y a la vez símbolos de todo aquello que les acompaña y les da solidez. Resumir el paso a una nueva etapa en un solo elemento es una simplificación pobre y equívoca. Acabamos de ver la riqueza de factores y conceptos que movilizan y alimentan a la tercera generación. Otro tanto ocurrió con las anteriores y con la que le sigue.

LA CUARTA GENERACIÓN

De nuevo cambia el paisaje

La cuarta generación se inicia en 1971 y, en el largo período en que se extiende, presenta diversos momentos. Los dos rasgos fundamentales se resumen en la continuación de la miniaturización, con la incorporación del microprocesador, y la definitiva expansión del sector, que se traduce en un abundantísimo conjunto de aplicaciones y en un muy alto número de usuarios que se incorporan a este campo.

Cabe distinguir dos etapas dentro de la cuarta generación, sin que deba deslindarse nítidamente sus fronteras. La primera recorre la década de los setenta, que en realidad representa una toma de impulso para arrollar en la segunda, que se inicia a finales de los setenta y causa estragos —en el mejor sentido del término en la década de los ochenta. Durante la primera, lo fundamental es la ampliación del mercado de gestión empresarial. Las computadoras mejoran aún más en velocidad y reducido

tamaño. En un *chip* diminuto de silicio se integran más de 60.000 bits de información. Y las memorias de núcleos de ferrita se sustituyen por memorias electrónicas. Las capacidades de las memorias comienzan a ser muy considerables. Las grandes computadoras conviven con naturalidad con las minicomputadoras, que son máquinas de 16 bits, una memoria más que suficiente y a un precio asequible (unas decenas de miles de dólares).

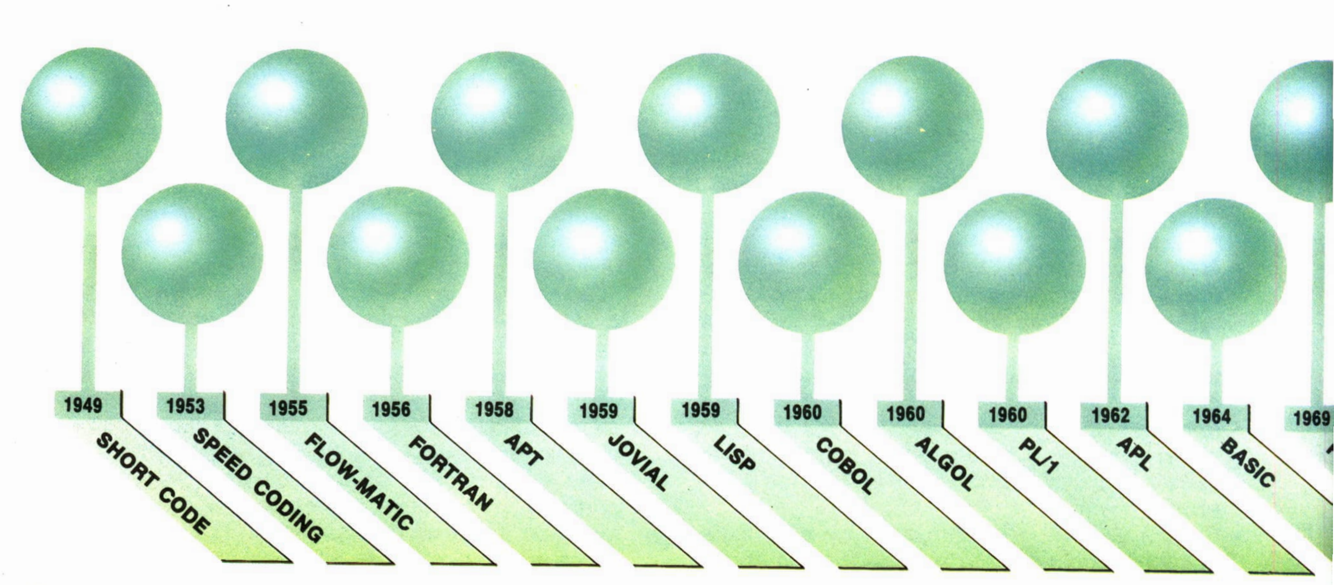
En la segunda etapa de la cuarta generación, la miniaturización supera lo que ya era asombroso. En un centímetro cuadrado de silicio se implanta lo equivalente a un millón de tubos de vacío, al precio de un solo tubo. Los procesos interactivos se generalizan y el procesamiento por lotes («batch») es desestimado en favor del procesamiento en tiempo real. Los lenguajes de programación de alto nivel constituyen un mosaico activo y rico en el que se producen maravillosas creaciones de sistemas lingüísticos de programación. La gama de máquinas de reducido tamaño y costo se amplía, ya que a las minicomputadoras se suman las microcomputadoras y las computadoras personales y domésticas. La enumeración de estos aparatos va de mayor a menor capacidad y precio. Un elemento esencial ha permitido esta revolución en las características físicas y lógicas de las máquinas. Es el microprocesador, que consiste básicamente en un circuito integrado que reúne en la placa de silicio las principales funciones de la computadora y que va montado en una estructura que facilita las múltiples conexiones con los restantes elementos. Su aspecto puede compararse al de una oruga o al de un ciempiés.

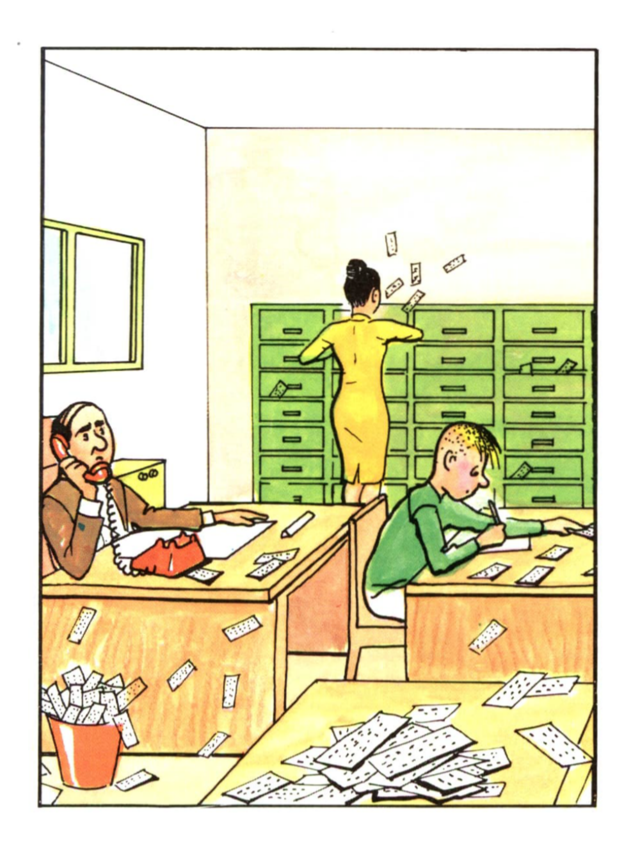
también creado en el mismo centro. Es un lenguaje muy capaz para la simulación de fenómenos de inteligencia artificial y para las tareas pedagógicas con alumnos desde edades tempranas.

FORTH (1978).—El nombre procede del término fourth *(cuarto) pero con la elisión de un caràcter (la «u») por límites del dimensionado:* Forth. *El nombre original, cuarto, procede de su adscripción a la cuarta generación. Fue creado por el astrónomo Charles Moore, quien durante seis años ha sido el único usuario del Forth. Ahora es el lenguaje oficial de la Sociedad Internacional de Astrónomos. Sus especiales características lo convierten en un lenguaje veloz (7 veces más rápido que el Basic), recursivo, compacto, portable y sin una sola variedad dialectal.*

El microprocesador fue desarrollado en 1971 por Intel Corporation, a solicitud de una empresa japonesa que había previsto sobre el papel las ventajas de la invención. Hoy día el microprocesador aglutina una industria que factura anualmente billones de dólares y ocupa a más de 250.000 personas.

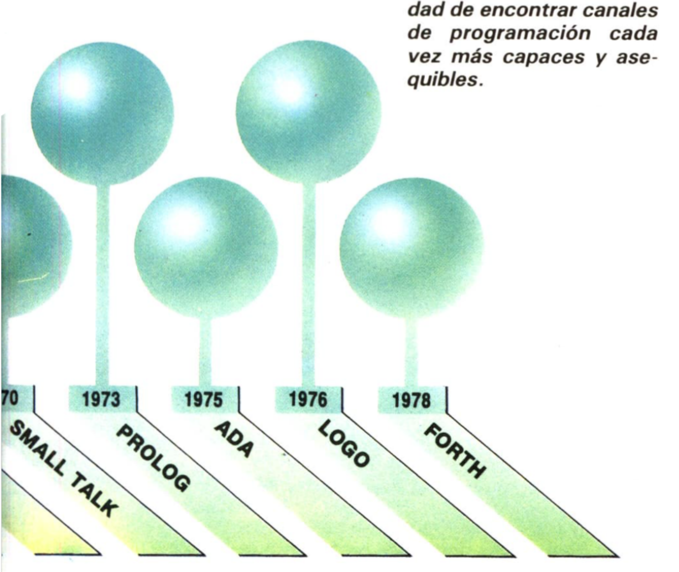
Los discos de almacenamiento de información alcanzan mayor capacidad. Y las memorias internas se multiplican. Si las minicomputadoras de los años setenta oscilaban entre los 16 y 32 K de memoria, las de principios de los





El dibujo de arriba explica de forma humorística los problemas que creaba la utilización de computadoras que funcionaban por medio de tarjetas perforadas: necesidad de archivadores, traducción de códigos...

Este diagrama, en el que se detallan los diversos lenguajes computacionales y el año en el que fueron creados, nos da una idea de la evolución histórica de los lenguajes de programación. Esta rápida evolución se explica por la necesidad de encontrar canales de programación cada vez más capaces y asequibles.



ochenta se mueven entre los 128 y 256 K. Algo similar ocurre con las computadoras personales, que en los primeros años de los ochenta ven doblada su capacidad anualmente. Pasan de 8 K y se colocan sucesivamente en 16, 32, 64, 128 K... La capacidad de procesamiento de estos aparatos supera a la de la histórica y colosal Eniac. El precio es otra gran sorpresa, baja de promoción en promoción.

Las señas de identidad de la cuarta generación

El progreso de la cuarta generación no ha llegado a su fin. La computadora que a principios de la década de 1980 se consideraba barata y capaz, ya no puede competir con los últimos modelos, que han abaratado cerca de un 10 por ciento sus precios y aumentado la oferta de capacidad operativa. A pesar de la movilidad de los elementos materiales y de las diversas etapas que se aprecian en la misma generación, sí existen unas características o señas de identidad perfectamente unitarias. Son éstas:

- *El microprocesador.* El proceso de reducción del tamaño de los componentes llega a operar a escalas microscópicas. La microminiaturización permite construir el microprocesador, circuito integrado que rige las funciones fundamentales de la computadora.

  Las aplicaciones del microprocesador se han proyectado más allá de la computadora y se encuentran en multitud de aparatos, sean instrumentos médicos, automóviles, juguetes, electrodomésticos, etc.
- *Memorias electrónicas.* Se desechan las memorias internas de núcleos magnéticos de ferrita y se introducen memorias electrónicas, que resultan más rápidas y reducidas. Al principio presentan el inconveniente de su mayor costo, pero éste disminuye con la fabricación en serie.

  La capacidad de memoria se incrementa notablemente y cada año, a partir de los años ochenta, se superan ampliamente los límites precedentes.
- *Sistemas de tratamiento de bases de datos.* El aumento cuantitativo y cualitativo de las bases de datos lleva a crear formas de gestión que faciliten la tarea de consulta y edición. Los sistemas de tratamiento de bases de datos consisten en un conjunto de elementos de hardware y de software interrelacionados que permite un uso sencillo y rápido de la información.
- *Microcomputadora y computadora personal.* La reducción del tamaño también provee nuevos conceptos de uso. En la tercera generación había aparecido la minicomputadora, como máquina para tareas descentralizadas. En la cuarta generación, a la minicomputadora se

Evolución comparativa de la computadora		
Factores	**Computadoras de los años 40: Eniac**	**Computadoras de los años 80: Apple**
Precio	500.000 $	1.200 $
Consumo	100.000 W	100 W
Peso	30.000 kg	4,8 kg
Velocidad de reloj	100.000 Hz	1.000.000 Hz
Tiempo medio de averías	12 horas	2 años

Proyección ideal del desarrollo computacional en la industria automovilística		
Factores	**Automóvil de los años 40**	**Automóvil de los años 80**
Precio	500 $	1 $
Consumo/100 km	20 l	20 ml
Peso	1.000 kg	160 g
Velocidad máxima	120 km/h	1.200 km/h
Tiempo medio de averías	3 meses	350 años

le añaden la microcomputadora y la computadora doméstica o de uso personal. Estos tres tipos de aparatos forman la gama de las computadoras pequeñas, contrapuestas a la de las respetables máquinas de gestión empresarial; y acercan la computación a un círculo de público cada vez mayor.

- *La generalización de las aplicaciones.* Las aplicaciones que se desarrollan son innumerables y afectan prácticamente a todos los campos de la actividad humana: medicina, ingeniería, diseño, comercio, educación, agricultura, administración, industria, hogar, juegos, telecomunicaciones, defensa, electrodomésticos, y un larguísimo etcétera.
- *La generación del usuario.* Definitivamente, la computación supera sus tradicionales fronteras sociales. Deja de ser el terreno exclusivo de un reducido grupo de profesionales y consigue abrirse y darse a entender a amplios estratos sociales. El número de usuarios se multiplica constantemente.

Para reunir en tan sólo un rasgo la tipología de la cuarta generación, sin duda basta con recoger la última característica consignada anteriormente. *La cuarta generación es la generación del usuario.* Ya no importa tanto atender a las mejoras técnicas, con ser capitales, sino a los efectos de estas innovaciones del material y de la programación. La verdadera y última repercusión se halla en la incorporación de un número ingente de usuarios. De esta manera cambia el panorama de la computación. Y, lo que es más, cambian las formas de comportamiento social y los ritos de relación del hombre con la máquina y de los hombres entre sí.



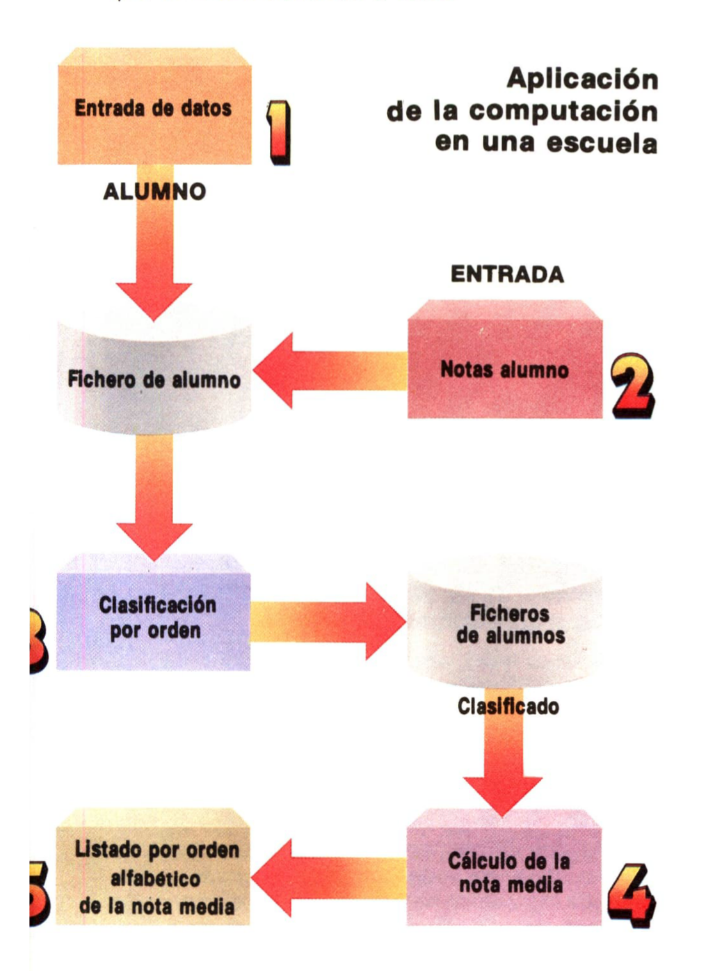
Una imagen que empieza a ser familiar: técnicos y operarios con su microcomputadora a cuestas. La computadora deja de ser el terreno exclusivo de un grupo reducido de profesionales para abrirse a amplios sectores de la sociedad.

Aplicaciones de la computación

Actualmente, podemos encontrar aplicaciones de las computadoras en cualquier materia universitaria como medicina, física, química, matemáticas, ciencias sociales, etc.; también en la industria, en el mundo de la empresa, en los deportes e incluso en el campo del ocio de jóvenes y mayores con la fiebre de los juegos por computadora que nos está invadiendo; así mismo, en el campo de la educación, en la defensa y, en definitiva, en todos los campos en los que el hombre desea conseguir mayores ventajas particulares o sociales.

En efecto, hoy en día podemos encontrar computadoras en todos los trabajos técnicos, científicos, e incluso en ciertos ámbitos en los que hace pocos años parecía inimaginable que pudieran entrar, como por ejemplo en la agricultura.

Para tener una idea de cómo se está utilizando la computadora hoy en día en diferentes campos, haremos a continuación una descripción resumida de algunas de las aplicaciones que se están llevando a cabo.



COMPUTACIÓN Y MEDICINA

El uso de la computación en la medicina es una de las aplicaciones más veteranas que existen. Desde hace unos veinte años, las computadoras ayudan a los profesionales de la medicina en su larga lucha contra la enfermedad. Desde la gestión administrativa de la pequeña consulta de un médico hasta la misma gestión en un gran hospital, o desde la ayuda en exploraciones radiológicas en una pequeña clínica hasta las exploraciones radiológicas de un gran hospital. Y no olvidemos mencionar la gran ayuda que ofrecen en el campo de la investigación médica, farmacéutica, biológica, química, etc., aspectos todos ellos relacionados con la lucha de los médicos para conseguir un alto nivel de salud de la población.

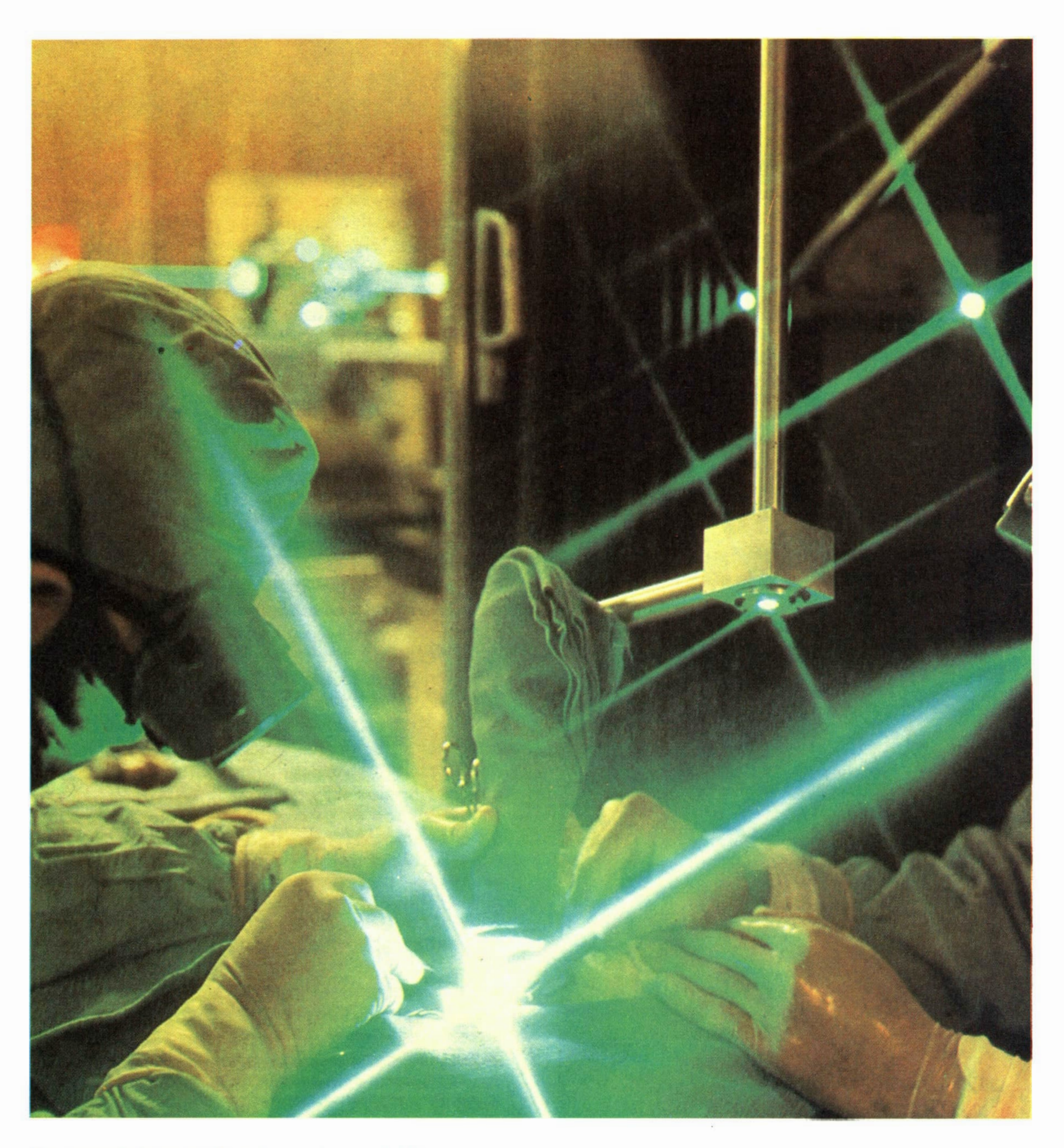
En la medicina especializada las computadoras reducen la posibilidad de error en el diagnóstico y aceleran su formulación con lo que se gana un tiempo que a veces puede ser vital para el paciente. No puede olvidarse tampoco la gran ayuda que puede ofrecer la computación a la medicina al poner al alcance del personal médico un gran banco de datos con informaciones relativas a pacientes, tales como historiales médicos, tratamientos de enfermedades, estadísticas nacionales de epidemias, etc...

El avance en el campo de la medicina debido a la computación podría hacer pensar que llegará un día en que la computadora sustituirá al médico. Esto no es probable que ocurra, sino que la computación simplemente colaborará

El dibujo explica el proceso que ha de seguirse para ejecutar un programa de aplicación de la computación en la escuela. Para obtener un listado de la nota media de cada uno de los alumnos de una clase deberíamos efectuar los siguientes programas que, en conjunto, serían la aplicación siguiente:

- ***Entrada de los datos de los alumnos para construir el fichero de alumnos.***
- ***Entrada de las notas de cada alumno para tener el fichero con los datos precisos.***
- ***Clasificar este fichero por orden alfabético.***
- ***Realizar el cálculo de la nota media.***
- ***Impresión del resultado, de tal manera que en cada línea del listado tendríamos el nombre del alumno y su nota. Este listado estaría clasificado por orden alfanumérico.***

Como vemos, esta aplicación consta de 5 programas, numerados en el esquema del 1 al 5. Genéricamente, cuando hablamos de aplicaciones en el campo de la computación, nos referimos a toda una serie de programas hechos para la computadora y que, en conjunto, sirven para obtener unos resultados, normalmente en papel impreso.



Las computadoras han llegado a ser imprescindibles en muchos campos profesionales, entre los que destaca la medicina. Desde la gestión administrativa de un hospital hasta las exploraciones radiológicas, hay un amplio abanico de aplicaciones que se extiende hasta la cirugía con láser. Arriba, cirugía con láser, operación realizada bajo el control de la computadora.

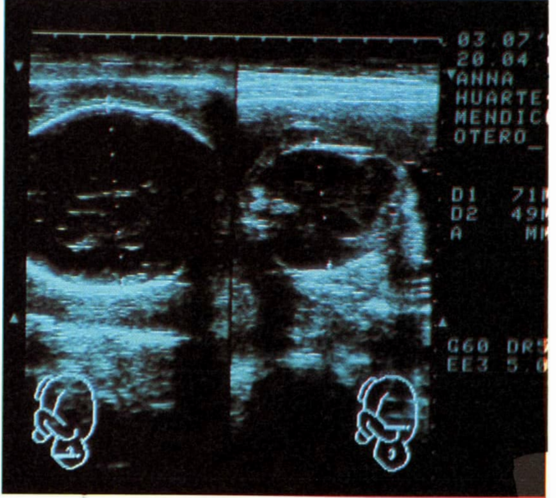
con el médico para obtener así una información más rápida y más fiable, cosa que hoy en día ya sucede.

Para tener una visión un poco más práctica y real de la aplicación de las computadoras en el campo de la medicina, presentaremos a continuación unos cuantos casos prácticos.

Utilización de la computadora en los diagnósticos clínicos

Cada vez más a menudo se utilizan las computadoras para la realización de diagnósticos clínicos, aunque lógicamente este método de diagnóstico actualmente no es fiable en un tanto por ciento muy elevado. Aun hoy, es muy complicado tener almacenados todos los síntomas que corresponden a una enfermedad y mucho más de todas las enfermedades, muchas de las cuales no son totalmente conocidas a pesar de los rápidos avances en medicina.

Arriba, realización de una ecografía en una mujer gestante. En el monitor de la computadora, el médico podrá ver con toda claridad el feto, la placenta y sus posibles alteraciones. A la derecha, visualización de una ecografía en la pantalla.



Utilización de la computadora en los estudios angiográficos

Un estudio angiográfico es el que tiene como función la exploración de venas y arterias. Normalmente este estudio se realiza mediante la introducción en dichos vasos, bien por punción o bien por cateterismo (mediante sondas), de un líquido que proporciona un contraste, con lo cual puede obtenerse una imagen mediante rayos X.
La función principal de este estudio es la localización de escenosis (obstrucciones completas o parciales en las venas o arterias).
El líquido, una vez introducido en la vena o arteria, y siguiendo el flujo sanguíneo, recorre todo el organismo, de tal manera que, si se inyecta en una vena del brazo, se puede ver, transcurrido un cierto tiempo, una vena de la pierna. Sin embargo, la

Además, un enfermo muchas veces al intentar explicar los síntomas de su enfermedad no suele ser muy riguroso en su exposición o no sabe exactamente cómo expresar con palabras su estado. En estos casos debe ser el médico el que a través de su experiencia llegue a una conclusión, cosa que únicamente con la computadora, que necesita respuestas claras y concisas, no podría llegar a descubrir.

Veamos cómo actúa la computadora en esta aplicación. Tiene almacenadas miles y miles de combinaciones de síntomas correspondientes a las enfermedades más conocidas. El en-

fermo responde a un test que la computadora le formula y ésta va comparando las respuestas del enfermo con la información almacenada. Cuando la respuesta del enfermo coincide con el síntoma almacenado, la siguiente pregunta estará relacionada con el síntoma anterior y así sucesivamente, de tal manera que va tomando cuerpo el diagnóstico. Esta serie de preguntas se corresponde con las combinaciones de que hablábamos más arriba.

Utilización de la computadora en una clínica dental

Esta aplicación es una de las más usuales dentro del campo de la medicina privada, ya que la especialidad de estomatología se practica mayormente en clínicas dentales privadas o en consultorios médicos privados. Por lo tanto podemos considerar la estomatología no sólo como una especialidad médica, sino también como una auténtica empresa que realiza funciones médicas.

Centrémonos en una clínica dental. Del estomatólogo dependen asistentes dentales y personal auxiliar. Manejan facturación, capital inmovilizado, contabilidad, etc., es decir; realizan funciones típicas de empresa, pero sin dejar aparte la labor social, o sea, la medicina. La curación o el tratamiento son, en la mayoría de los casos, rehabilitadores, dependiendo en todo momento de los materiales dentales y de los conceptos técnicos que avanzan con cada descubrimiento tecnológico típicamente industrial. Ante esto se hace indispensable ejercer un control sobre materiales y técnicas para poder obtener una mejor aplicación de las mismas. Si a esto le unimos la propia experiencia de cada dentista en su consulta, reunimos toda una serie de elementos que deben estar controlados de forma homogénea; de ahí la necesidad de una computadora que ayude al dentista en su trabajo.

Veamos cómo actúa la computadora. La mayoría de odontólogos han comprendido que la computadora es necesaria en su trabajo y no todos, cuando se han decidido a trabajar con ella, han elegido el mismo tipo de aplicación, sino que han escogido la que más se adaptaba a sus exigencias. De ello se deduce que hay distintas aplicaciones para clínicas dentales y que describirlas todas sería muy complejo. Por lo tanto solamente describiremos una de ellas para que se comprenda el funcionamiento global de una clínica dental con la ayuda de una computadora.

El punto central de la aplicación es la ficha de filiación de cada paciente. En ésta se contempla: el nombre, apellidos, nacionalidad, domicilio, teléfono, así como la fecha de su primera visita al consultorio, edad, sexo, estado civil, etc.; al objeto de poder realizar estudios estadísticos si fueran necesarios. Esta información se introduce en la computadora y a partir de aquí se puede optar por entrar más información que constaría de:

- ficha estomatológica;
- ficha médica general;
- ficha de exploración bucal;
- agenda;
- facturación.

En la ficha estomatológica constarán los tipos de operaciones dentales que se le han practicado al paciente.

En la ficha médica general aparecerán los datos médicos generales de cada paciente.

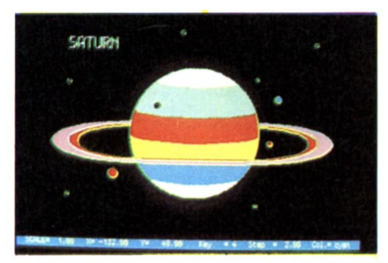
En la ficha de exploración bucal quedarán registrados todos los datos sobre el estado de todos los elementos que forman la boca: lengua, labios, mejillas, encías, etcétera.

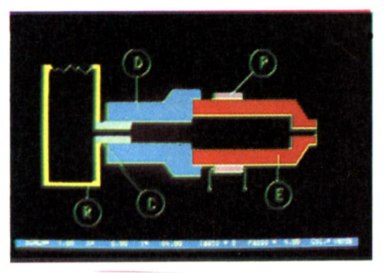
En la agenda se programan todas las funciones que deben realizarse, con sus respectivos horarios, todas las personas que colaboran en el gabinete dental. Esta programación puede afectar a un paciente, una sala, un horario y

densidad del líquido que llega a la pierna no es lo suficientemente grande como para poder obtener una imagen radiográfica clara. Es aquí donde empieza la aplicación de las computadoras. Si en una vena o arteria existe una concentración de líquido superior al uno por ciento y esa vena o arteria no es de tamaño inferior a un milímetro, la computadora logrará una radiografía; es decir, con una cantidad menor de líquido se pueden observar venas y arterias que antes, sin la computadora, no se podían ver.
Al estudio angiográfico mediante computadora se le denomina angiografía digital.
Veamos cómo actúa la computadora. La imagen, una vez producida la absorción de los rayos X, no va directamente a la película radiográfica sino que va a la computadora que la digitaliza y, después de almacenarla en su memoria, la convierte en una imagen que reproduce en la pantalla. Dicha imagen proyecta no sólo las venas y las arterias, sino también los demás tejidos que envuelven esos vasos. Es ahora cuando la computadora puede ayudar de nuevo, ya que de la imagen obtenida elimina todos los elementos que perturban la claridad de la visualización y que no interesa inspeccionar; así, se puede obtener una imagen clara y concisa de las arterias y de las venas.

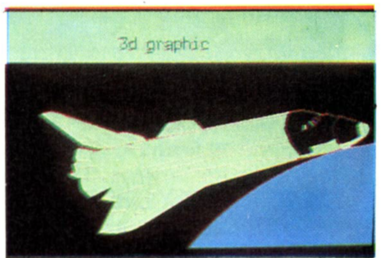




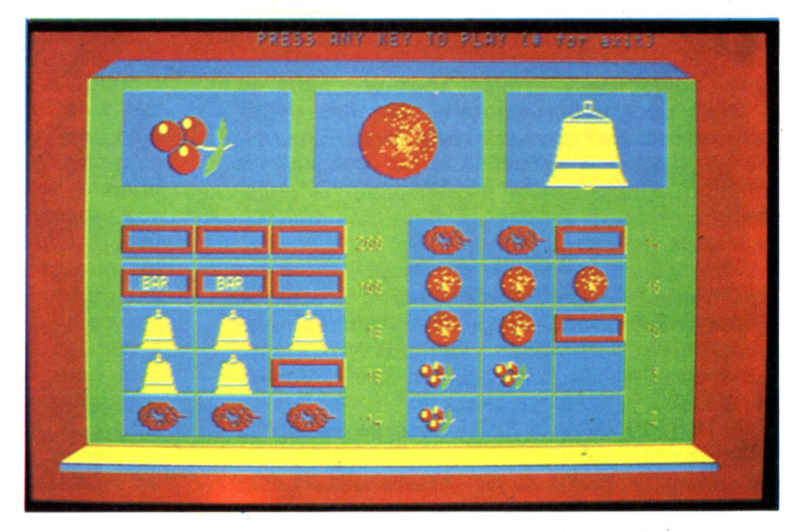


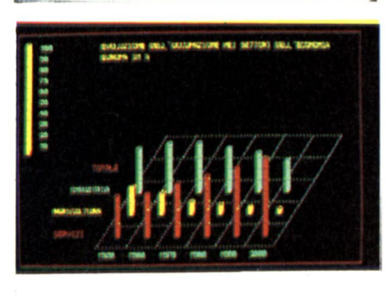












una facturación determinados, teniendo en cuenta cualquier imprevisto que pueda alterar el normal funcionamiento de una consulta (anulación de una cita, enfermedad del personal sanitario, etc.).

La facturación es la parte de la aplicación relativa al cálculo de los costes generados por una determinada intervención o intervenciones a un paciente. Costes que lógicamente serán cargados en la cuenta del paciente.

Resumiendo, podemos decir, que consul-

La serie de imágenes de computadora que aparecen en esta página ilustra mejor que las palabras sobre las casi infinitas posibilidades que se abren para nosotros en el sugestivo campo del diseño asistido por computadora (CAD) y de la fabricación asistida por computadora (CAM). Estas posibilidades se multiplican cuando ambos sistemas actúan simultánea y coordinadamente. Como podemos ver, los procesos CAD/CAM no se limitan al ámbito de la industria, sino que se extienden en realidad a todas las actividades del diseño. La belleza de las imágenes logradas con estos procesos y su enorme versatilidad otorgan a la computación una dimensión artística que multiplica sus extraordinarias ventajas funcionales.

tando simplemente la ficha de un paciente, obtendremos todo la información médica que le afecta, así como la interrelación existente entre el tratamiento médico efectuado y la facturación, contabilidad, rendimiento y tiempo invertido en cada tipo de operación. Se tendrá asimismo un conocimiento de la rentabilidad de la clínica más ajustado a la realidad.

Utilización de una computadora para el control de la obesidad

La obesidad, como manifestación asociada a un nivel elevado de vida y considerada hoy por hoy antiestética, se erige en los países desarrollados como el más frecuente de los transtornos metabólicos. Así por ejemplo, más de la mitad de todos los alemanes o estadounidenses adultos tienen un peso corporal excesivo.

Constituye además un grave problema sanitario, dado su frecuente asociación con otras enfermedades que pueden manifestarse a causa de ella y a las que muchas veces agudiza: Puede causar problemas en los sistemas cardiovascular y respiratorio y empeora enfermedades tales como la gota, la diabetes, etc.

La obesidad es una enfermedad muy difícil de tratar. En primer lugar, es difícil llegar a hacer el diagnóstico, ya que es necesario disponer de un buen historial clínico para valorar y descartar posibles enfermedades asociadas. En segundo lugar, es necesario efectuar una exploración cuidadosa y calcular toda una serie de factores para poder valorarla. Muchas veces deben efectuarse una serie de análisis bioquímicos para poder diagnosticarla mejor. Una vez obtenido el diagnóstico de obesidad, la cuestión primordial es escoger la dieta más adecuada a cada paciente.

Veamos como actúa la computadora. Al igual que en la odontología, existen diferentes aplicaciones hechas para computadora que ayudan en el tratamiento y diagnóstico de esta enfermedad. A modo de ejemplo describiremos una de ella, la más completa.

El primer paso que ha de llevarse a cabo es la entrada de todos los datos clínicos de los pacientes, para poder tener almacenadas en la computadora las historias clínicas de cada uno de ellos.

Una vez almacenadas las historias clínicas, se puede acceder, de inmediato o en el momento en que se precise, a cualquiera de ellas para su modificación o estudio. Además dados el peso, la talla, la presión arterial, el sexo, la edad, y el espesor del pliegue cutáneo tricipital de un paciente, la computadora podrá determinar los siguientes parámetros de uso muy importantes:

— pesos máximo y mínimo ideales;
— espesor del pliegue cutáneo ideal;
— peso corporal relativo;
— índice de masa corporal;
— calorías teóricas máximas y mínimas.

Se podrán procesar datos de análisis de sangre y orina con su interpretación y sugerencias para descartar las posibles enfermedades a las que apunten dichos datos.

A partir de los resultados obtenidos de la computadora, el médico podrá sugerir una pauta general de actuación y tratamiento.

Y por último se podrán obtener en un documento impreso normas generales para el paciente, así como dietas de contenido calórico seleccionable para semanas completas y elegidas entre muchísimas posibilidades que tiene almacenadas la computadora, haciendo improbable su repetición; y con ello se da al paciente la información precisa para una dieta variada y ajustada a sus necesidades.

COMPUTACIÓN, DISEÑO Y FABRICACIÓN

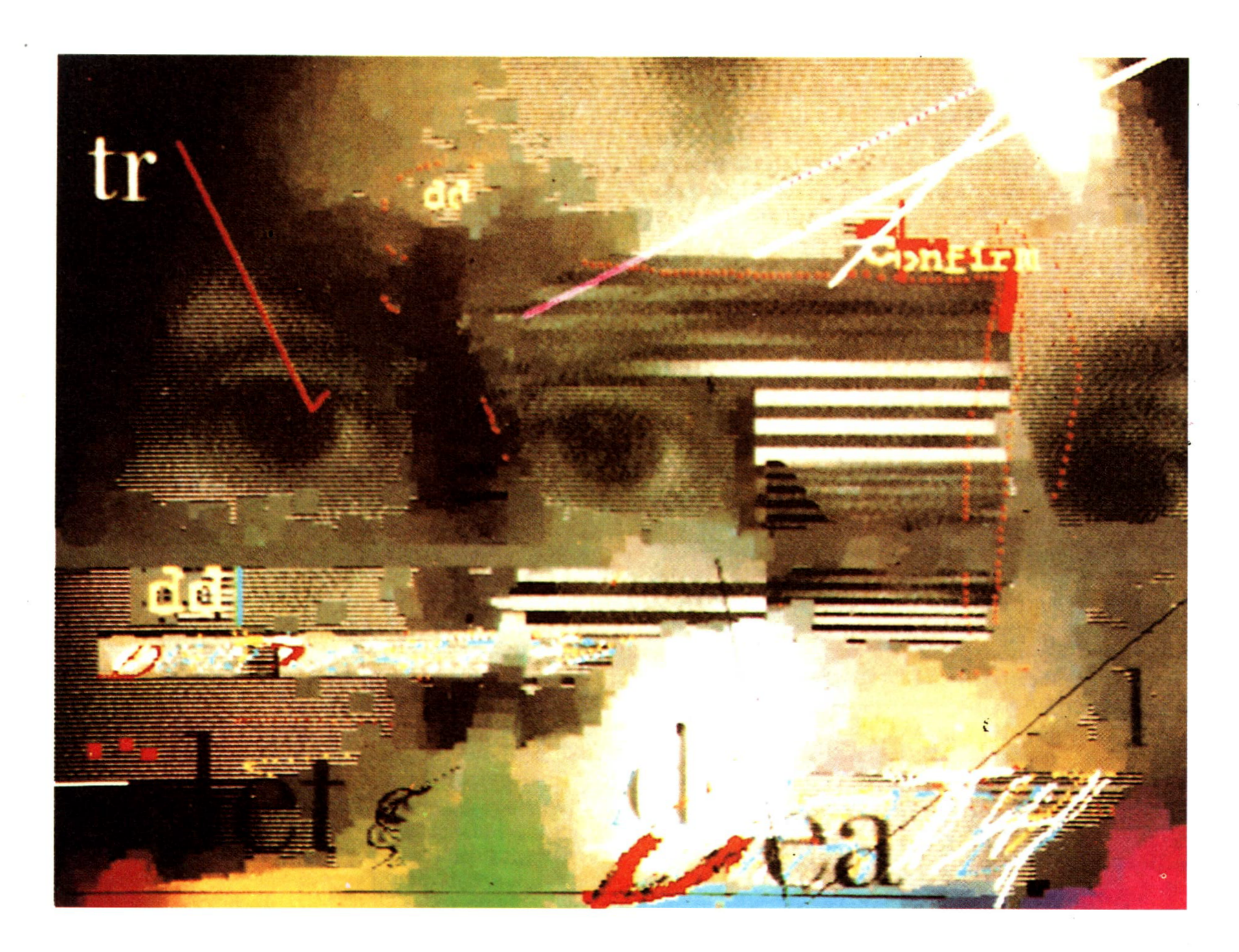
Otro de los campos en el que la computación está haciendo impacto, es el del Diseño asistido por computadora (CAD) y el de la fabricación asistida por computadora (CAM). El efecto se multiplica cuando actúan simultáneamente.

Los procesos CAD/CAM no se limitan solamente al campo industrial sino que se extienden a todas las actividades del diseño.

La utilización de estos procesos con la ayuda de la computadora surgió en las grandes compañías americanas por una razón muy lógica: la de reducir los costes de producción. Con este objetivo, día a día, las empresas cuya función principal es la de diseñar un producto y fabricarlo posteriormente, han ido mecanizando sus procesos a medida que han aparecido nuevas técnicas de mecanización. Así surgen las herramientas reprogramables, máquinas capaces de fabricar distintas piezas con sólo pequeños cambios y ajustes (por ejemplo un soldador automático); estos cambios y ajustes se reducen, habitualmente, a la secuencia de órdenes a ejecutar (soldar, moverse dos centímetros a la izquierda, soldar, etc.). Se trata, en realidad de pequeñas computadoras superespecializadas en unas acciones determinadas. En muchas ocasiones las nuevas secuencias de órdenes se pueden preparar en otra computadora.

Pero el cambio tecnológico no se detiene y aparecen nuevos equipos, igualmente reprogramables, utilizables en unas situaciones distintas; son los *robots industriales*. El impacto de esta última generación de máquinas es enorme, permitiendo la creación de plantas de producción totalmente automatizadas.

Pese a todo lo dicho anteriormente, no se debe olvidar que se trata de máquinas y que por lo tanto deben ser programadas. Por consiguiente sigue siendo necesario el elemento hu-



Una de las aplicaciones que más eco está encontrando es el arte por computadora* (Computer-art). *Arriba, una obra de Joel Slayton, del Massachusetts Institute of Technology, realizada en 1980. El título de la obra es JSDD # 2.

mano, tanto para preparar y ordenar lo que deben hacer, como para resolver las situaciones imprevistas cuando éstas se producen.

El otro aspecto fundamental de los procesos CAD/CAM es el del diseño asistido por computadora. Dicha aplicación se utiliza para poder obtener el desarrollo de un nuevo diseño en el tiempo mínimo, o la modificación rápida de otro ya existente. Para ello la computadora se transforma en una herramienta que permite al diseñador, mediante técnicas programadas, la manipulación de dibujos que con los procedimientos tradicionales de diseño serían largos y costosos de realizar.

Volviendo a la integración de ambas aplicación los procesos CAD/CAM permiten, una vez construido el dibujo en la pantalla de la computadora, que la imagen obtenida pueda guardarse permanentemente en una cinta magnética o en un disco. Si se necesita una copia en papel, en breves segundos la puede dibujar un Plotter (aparato dedicado a la impresión de dibujos) conectado a dicha computadora. Una vez almacenado, el dibujo puede alterarse cuantas veces se quiera sin necesidad de dibujarlo de nuevo. La rápida disponibilidad del diseño de las piezas, hace que puedan programarse con más anticipación los *robots industriales,* que van a construir o ensamblar dichas piezas. Por ejemplo, una compañía fabricante de automóviles, que invertía veinticuatro meses en la tarea de rediseño de un modelo de automóvil, gracias a la ayuda de la computadora, invirtió diez meses menos en dicha tarea. Y un fabricante de moldes para piezas de plástico aumentó su producción de 30 moldes a 140 en un año.

Utilización de la computadora en la decoración de cocinas

Imaginemos que queremos adquirir mobiliario de cocina para remodelar la nuestra ya anticuada; pues bien, podríamos ir a una tienda de muebles provistos de las medidas de paredes y suelos de nuestra cocina y según estas medidas deleitarnos contemplando con notable verosimilitud en la pantalla de la computadora, el aspecto final que adquirirá nuestra cocina después del mobiliario escogido, o probar distintos

diseños hasta llegar al que más nos convenga. Esta aplicación está ya funcionando en bastantes tiendas especializadas en venta de mobiliario de cocina.

Con la ayuda de la computadora el técnico correspondiente, según nuestros deseos, hará un diseño completo de la cocina deseada. Si el resultado final no nos agrada, porque estéticamente no gusta o porque es demasiado caro para el presupuesto que se tiene pensado, es muy fácil cambiar muebles de lugar con sólo pulsar unas teclas, elegir otros de otras medidas, precio o diseño, y en definitiva ir haciendo de forma muy fácil y cómoda, planos de la cocina en cuestión hasta dar con el deseado.

La mayoría de aplicaciones que existen, dedicadas al diseño de mobiliario de cocinas son muy parecidas. Se basan en todo un conjunto de informaciones gráficas almacenadas en la memoria de la computadora, y a las cuales se puede acceder para ir amueblando el espacio. Esta serie de informaciones gráficas son módulos de mobiliario, como por ejemplo: un armario de cajones, un armario de estantes, etcétera.

Una vez entradas las medidas de la cocina, junto con la posición de las ventanas y puertas, la computadora dibuja la cocina a escala y, mediante la ayuda del técnico, se van dibujando los módulos en el espacio correspondiente, hasta llegar a tener una visión completa de cómo quedará finalmente la cocina.

COMPUTACIÓN Y APLICACIONES INTEGRADAS

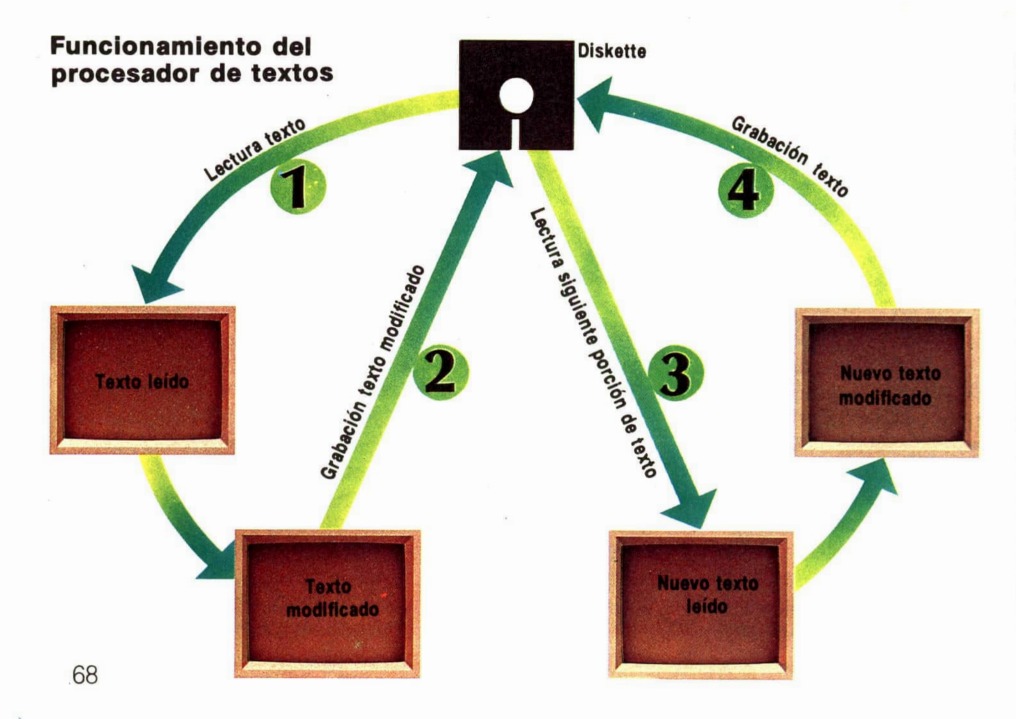
Existen en medios de computación unas aplicaciones de carácter general, es decir, que se usan en muchos campos como el de la industria la enseñanza, los deportes, etc., y que hoy por hoy no están adaptadas para grandes computadoras, sino para computadoras pequeñas, y en particular para las computadoras personales, que están ganando terreno a las grandes, a pasos agigantados. Las grandes computadoras también pueden tener aplicaciones de este tipo; pero no las tienen porque a las empresas que desarrollan aplicaciones de carácter general y que se dedican a la comercialización de software les es más rentable usar estas aplicaciones en las computadoras personales; así se venden más aplicaciones ya que existe mayor demanda de computadoras pequeñas que de las grandes.

Fundamentalmente estas aplicaciones constan de cuatro apartados que son:

— proceso de textos;
— hojas electrónicas o de cálculo;
— bases de datos;
— gráficos.

Hoy la tendencia es incluir estas aplicaciones en paquetes integrados que contienen como mínimo estos cuatro apartados; sin embargo, también podemos encontrar estas aplicaciones por separado; es decir, una aplicación de gráficos, otra de hojas de cálculo, etcétera.

Normalmente en estas aplicaciones incluidas en paquetes integrados siempre uno de los apartados (proceso de textos, por ejemplo) es muy potente mientras que los demás no tienen tantas prestaciones. En el caso de tener que decidirse por una aplicación, probablemente elegiríamos cuatro aplicaciones de un solo apartado, de este modo todos tendrían la misma potencia. Con esto no queremos decir que en la práctica no sea provechoso trabajar con las aplica-



El dibujo muestra el esquema de **funcionamiento del procesador de textos.** *Si la porción de texto reclamada no se encuentra en memoria, el procesador almacena en el dispositivo la parte que está en ella y lee la siguiente y la traslada a memoria, para poder luego seguir buscando. Los procesadores más modernos, sin embargo, permiten, al moverse a través del texto, borrar o registrar a éste simultáneamente en el dispositivo. Ambas formas de actuar permiten tener almacenados en un dispositivo magnético textos de millones de caracteres o de palabras. Es decir, el almacenamiento de los textos en un dispositivo magnético nos permite tener siempre la porción que queramos de texto en pantalla.*

Aplicaciones de la hoja electrónica o de cálculo

Para comprender un poco más el funcionamiento y las aplicaciones de la hoja electrónica o de cálculo, podemos citar algún ejemplo de su uso.
Imaginemos que tenemos una empresa que comercializa unos productos a través de representantes, que trabajan a porcentaje, y queremos calcular el beneficio mensual de las ventas de estos productos.
Podemos entrar las cifras de las ventas mensuales por producto en las cuadrículas. En otra parte de la hoja electrónica pueden calcularse los impuestos resultantes por cada producto, en otra zona se efectuará el cálculo de las comisiones de los representantes y en otro lugar los gastos generales repartidos por producto. Una vez terminados estos cálculos por la propia hoja electrónica, solamente hay que sumar la comisión de los representantes, los gastos generales y los impuestos y restarlos de las ventas y obtendremos los beneficios mensuales. Calculados estos beneficios, sumando cada uno de ellos obtendremos el beneficio general del mes. El estado completo de la hoja electrónica que refleja todos los cálculos efectuados y los resultados finales podrá tenerse en papel impreso siempre que se desee. Sobre este estado incluso pueden hacerse suposiciones. Por ejemplo, qué ocurriría con los beneficios calculados sí se aumentaran en un 3 por ciento los impuestos. Si no tuviéramos la hoja electrónica, tendríamos que volver a efectuar casi todos los cálculos, sin embargo con ella, solamente hay que entrar esta variación en la cuadrícula correspondiente y activar la función de recalculación automática. Con ello inmediatamente obtendremos los nuevos resultados, con lo cual podremos tomar decisiones rápidas, tales como aumento de precios, variación de comisiones, etc.

ciones de paquetes integrados. La ventaja que tienen éstas sobre las que se presentan de forma individualizada es la integración de los datos, es decir, los cuatro apartados de los que constan pueden trabajar con los mismos datos, cosa que con las otras es más difícil. Actualmente en estas aplicaciones se puede trabajar con los cuatro apartados en pantalla: supongamos la pantalla dividida en cuatro ventanas, y en cada una de ellas se puede operar con un apartado diferente. Por ejemplo, en una utilizamos la base de datos, en otra la hoja electrónica y en la otra el procesador de textos. El trabajo no se hace simultáneamente pero sí se pasa de un apartado a otro sin perder lo visualizado en cada uno de ellos.

Proceso o tratamiento de textos

El procesador de textos principalmente sirve para generar textos, cartas, artículos, informes, memorándums e incluso libros.

La estructura de un texto, aunque sea compleja, siempre está perfectamente delimitada y por lo tanto es fácil, aunque laborioso, construir un programa para computadora que pueda llegar a realizar funciones complicadas. Existen muchos tipos de procesadores de texto, sin embargo, todos realizan tres funciones principales: permiten editar o escribir y corregir un texto, imprimir dicho texto, y finalmente una vez el texto es definitivo, permiten almacenarlo en un dispositivo magnético, de donde podrá recuperarse para volver a editarlo o corregirlo.

Esto significa que se puede corregir un texto, incluso un libro, sin necesidad de volver a mecanografiarlo cada vez que se corrija.

Si reflexionamos acerca de cada una de estas tres funciones, nos daremos cuenta de que al escribir o corregir un texto quizá necesitemos escribir con el teclado como si fuera una máquina de escribir, eliminar o añadir párrafos o carácteres, viajar a través del texto para localizar un área específica o un título determinado, efectuar la sustitución automática de una palabra por otra, etc. Pues bien, la mayoría de procesadores de texto efectúan estas funciones, aunque los hay que pueden realizar otras más potentes como por ejemplo la edición de dos textos a la vez.

Con una impresora pueden imprimirse textos con muchos tamaños diferentes de letras, con distintos anchos de escritura, con diferentes números de líneas de página, con palabras en negrita, o subrayadas, etc. Todo depende del tipo de impresora que se tenga, aunque las que dan más calidad son las impresoras de margarita.

Si suponemos que el procesador de textos de que se dispone, forma parte de una aplicación con los cuatro apartados descritos anteriormente, además de las prestaciones explicadas, dispone de las capacidades típicas de dichas aplicaciones. Por ejemplo, si queremos mandar una carta a un conjunto de individuos, y que, automáticamente al imprimir cada carta, nos aparezca en ella el nombre y dirección de cada uno de ellos, basta con tener memoriza-

dos en un fichero del apartado base de datos de la aplicación los nombres y las direcciones. El procesador de textos accederá entonces al fichero para conseguir los nombres y direcciones necesarios.

Supongamos una aplicación que conste solamente de un procesador de textos y otra formada únicamente por una base de datos. Con estas dos aplicaciones no será posible conseguir las cartas antes mencionadas, ya que no existe ningún tipo de integración entre ellas.

De los cuatro apartados que forman las aplicaciones de carácter general, el más utilizado sin lugar a dudas es el procesador de textos. Se usan en los medios más dispares, desde una editorial, pasando por un banco y hasta un hospital.

Hoja electrónica o de cálculo

Una hoja electrónica vista en la pantalla de la computadora consta de unas filas y unas columnas que conforman unas cuadrículas en las cuales es posible entrar datos numéricos, títulos alfanuméricos y fórmulas de cálculo (expresiones aritméticas en las que intervienen otras cuadrículas e incluso filas y columnas enteras). Al calcular estas expresiones los resultados aparecen en las cuadrículas que contienen las fórmulas. Si se efectúa un cambio en alguna de las cuadrículas, pueden recalcularse automáticamente todas las cuadrículas implicadas en el cambio a través de las fórmulas. Permite elaborar informes, planificaciones, presupuestos y, en general, todo trabajo que requiera cálculos repetitivos.

La hoja electrónica o de cálculo puede subdividirse formando ventanas, que permiten gestionar la información que aparece en la pantalla, de tal modo que al mismo tiempo pueden verse cuadrículas muy apartadas una de otra.

Al trabajar con tanta información siempre existe el peligro de que parte de esta información se destruya. Como prevención se pueden proteger cuadrículas, grupos de cuadrículas, filas y columnas, de forma que, si se quiere en algún momento cambiar su valor, previamente se deberán desproteger.

Para evitar trabajos repetitivos, la hoja electrónica dispone de toda una serie de funciones que permiten eliminarlos. Por ejemplo, pueden copiarse filas, columnas, grupos de cuadrículas, o una cuadrícula de una zona de la hoja electrónica a otra.

Una vez efectuado el trabajo deseado con la hoja electrónica, ésta contendrá los datos entrados y los resultados obtenidos, que se pueden imprimir a través de otras funciones permitiéndonos definir los parámetros de impresión (ancho de línea, longitud en línea de la página, etcétera).

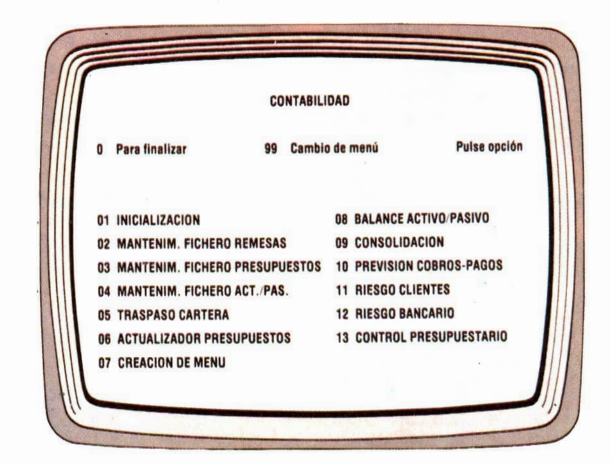
Base de datos

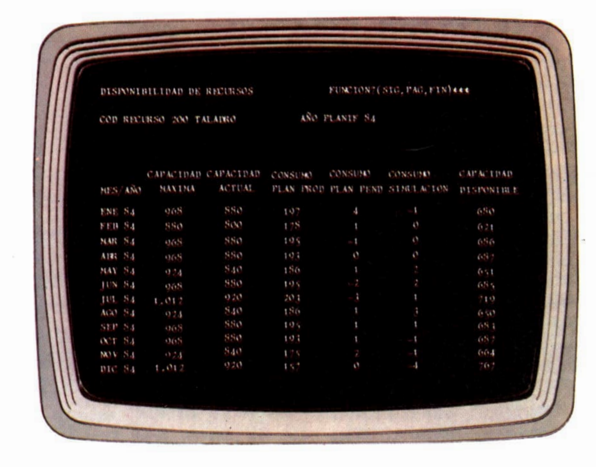
El término base de datos se utiliza para referirse a una gran masa de datos que se encuentran relacionados entre sí. Estos datos se encuentran divididos en varias categorías que son los registros, los ficheros, las bibliotecas, etc.

La base de datos no es más que un potente manipulador de las relaciones existentes entre estas jerarquías de información, con él se pueden definir nuevas relaciones o acceder a los datos mediante las ya definidas.

En palabras más fáciles de asimilar, podemos decir que la base de datos permite construir ficheros introduciendo los diferentes campos que componen sus registros. A cada campo hay que darle un nombre y definir su tamaño en caracteres (letras, números, signos en general), el tipo de datos que contendrá (números, letras, signos; números, más letras, más signos). Una vez hecho esto, la base de datos permite definir datos de nuevos registros, elimi-

Abajo, pantalla con el menú para programas de contabilidad y visión de una hoja electrónica para la disponibilidad de recursos, consulta que facilita la proporción de la capacidad consumida por los planes actuales.





Campo	Nombre	Tamaño	Tipo
1.º	Código del alumno	6 caracteres	AN (alfanumérico)
2.º	Nombre	30 »	AN
3.º	Dirección	30 »	AN
4.º	Población	15 »	AN
5.º	Provincia	15 »	AN
6.º	Nota asignatura 1	2 »	N (numérico)
7.º	» » 2	2 »	N
.	. . .	. .	.
.	. . .	. .	.
.	. . .	. .	.

narlos y modificarlos. Supongamos que queremos crear un fichero de alumnos para almacenar sus notas. Si dispusiéramos de una base de datos, podríamos hacerlo de la siguiente manera:

En primer lugar hay que pensar qué información referente a los alumnos queremos tener almacenada en el fichero, qué longitud tendrá cada campo dentro del registro y de qué tipo será éste. Un caso práctico de registro podría ser el representado en el cuadro superior.

El tamaño del campo *Código del Alumno* consta de 6 caracteres de los cuales los tres primeros pueden ser: PRI, SEG o TER (suponiendo tres cursos de unos estudios cualesquiera); y los tres siguientes el número de alumno.

Todos estos datos descriptivos deberemos entrarlos a la computadora a través de la base de datos, y una vez introducidos, ya tendremos la estructura de base de datos creada para poder almacenar los datos de cada alumno. Lo que se hará después será ir entrando toda esta información de los alumnos a medida que la base de datos nos los vaya pidiendo.

Una vez introducida toda la información, podemos listarla mediante una impresora, comprobando que ha sido introducida correctamente y en caso de error corregirlo mediante otra función de la base de datos que permite modificar cualquier campo de los descritos arriba, o anular cualquier registro existente.

Creado ya el fichero, la base de datos permite interrogarlo, es decir, establecer criterios de selección y operar con los registros que cumplen dicha selección. También consta de funciones para ordenar los registros según uno o varios de sus campos, copiar un fichero o parte de él en otro. Por lo que respecta a la impresión, hay funciones que permiten realizar listados de los ficheros estableciendo criterios de selección, ordenación y con el formato deseado (pudiendo definir títulos, cabeceras, tamaño de la línea escrita, etc.).

Pongamos por caso que nos interese obtener del fichero que hemos construido solamente un listado de los alumnos de primer curso, después de ios de segundo y luego de los de tercero, con sus nombres y domicilios. Podemos obtener esta documentación a través de la función de selección de la base de datos, a la que solamente hay que definirle la clave mediante la cual haremos la selección, que en los tres casos será los tres primeros caracteres del campo «código del alumno». En el primer caso se seleccionarán los alumnos cuyo código empiece por PRI, en el segundo los que empiecen por SEG y en el tercero aquellos que empiecen por TER.

Podemos también obtener un listado de los alumnos que hayan aprobado la asignatura n.º 5 (que podría ser las matemáticas), e incluso realizar en dicho listado el cálculo de la nota media de estos alumnos. Podemos hacer también un listado de los alumnos que hayan aprobado todo el curso (a final de curso), y muchas otras estadísticas más, gracias a las funciones de la base de datos.

Este ejemplo práctico descrito, solamente es una pequeña muestra de lo que se puede hacer con una base de datos, porque pueden montarse grandes estructuras de ficheros con sus registros relacionados entre sí, y obtener a través de ella toda una serie de datos que de otro modo sería muy difícil conseguir.

Si suponemos que la base de datos de que se dispone forma parte de una aplicación que tiene los cuatro apartados tantas veces citados, además de las prestaciones descritas, dispondrá también de las posibilidades típicas de tales aplicaciones. Por ejemplo, podríamos construir con el procesador de textos una carta a cada uno de los padres de los alumnos, a la cual añadiríamos el nombre del alumno y sus notas.

Al imprimir el texto, gracias a la integración, los datos correspondientes a cada alumno se irían leyendo del fichero de alumnos e imprimiendo en cada carta; de tal manera que imprimiríamos una carta por cada alumno.

Gráficos

Esta aplicación sirve para resumir en un dibujo toda una serie de datos que como tales, y sobre el papel, son fríos y poco expresivos.

Normalmente es un apartado que por su na-

turaleza está íntimamente ligado a los conceptos, hoja electrónica y base de datos, y es inconcebible fuera de una aplicación que conste de los cuatro apartados.

Pensemos en un fabricante al que le interesa saber el efecto sobre sus ventas de un incremento en su presupuesto de publicidad. Las cifras pueden calcularse mediante la hoja electrónica y se pueden tener sobre el papel, pero están presentadas de manera que son difíciles de comprender. Por esta razón el fabricante puede optar por obtener estos datos de una manera mucho más explícita y fácil de asimilar, o sea, a través de una representación gráfica de los datos resultantes. Esta representación gráfica puede efectuarse de muchas maneras, pero las tres principales son: gráficos de barras, gráficos de pastel y gráficas discretas.

Para trazar los gráficos de barras basta con definir una variable vertical (que será la altura de la barra) y que normalmente es la variable principal, y una o varias horizontales, según los datos que se quieran representar.

Queremos visualizar la altura media de los individuos de España, México, Argentina y Estados Unidos. Elegiríamos como variable vertical la altura media y como horizontales los cuatro países indicados.

Para realizar un gráfico en forma de pastel se subdivide una circunferencia en partes proporcionales a las frecuencias relativas de cada variable, de tal modo que la circunferencia completa represente el total o el porcentaje de los datos.

Supongamos que los votos totales en unos comicios son de 3.000.000, y que el partido A ha obtenido 1.000.000, el partido B 200.000, el partido C 500.000, el partido D 900.000, el partido E 300.000 y 100.000 votos han sido anulados.

Estos datos pueden representarse mediante un gráfico de pastel, ya que éste cumple, en realidad, con las especificaciones descritas anteriormente.

Para realizar las gráficas discretas es suficiente con escoger dos variables, una para el eje vertical y otra para el horizontal con lo cual la aplicación encontrará los valores más alto y más bajo e incluso los intermedios, las escalas apropiadas y lo dibujará en la pantalla o lo imprimirá en el papel.

Para representar en una gráfica discreta el índice del coste de la vida. Hay que escoger como variable vertical los incrementos mensuales de dicho índice y como variable horizontal los doce meses del año. Si estos datos los tuviéramos en una hoja electrónica la gráfica podría hacerse automáticamente.

Este apartado no sólo puede integrarse con la hoja electrónica sino también con la base de datos.

Supongamos que del fichero que hemos creado al describir la base de datos, queremos obtener unos datos estadísticos de los alumnos, pero expresados gráficamente a través del apartado de gráficos. Esto es posible gracias a la relación existente entre la base de datos y los gráficos.

Podemos obtener una gráfica discreta de notas medias por alumno y por curso. También podemos obtener una gráfica de barras de notas medias por asignatura y por curso, y finalmente, podríamos hacer una gráfica de pastel por curso de alumnos que no han suspendido ninguna asignatura, de los que han suspendido una, de los que han suspendido dos y de los alumnos que han suspendido tres o más asignaturas.

El dibujo muestra, a la izquierda, un **gráfico de pastel** *que representa los votos obtenidos por los partidos A, B, C, D, así como los votos considerados nulos, sobre un total de 3.000.000 de votantes. A la derecha del dibujo aparece un* **gráfico de barras** *que permite visualizar la altura media de los individuos de España, México, Argentina y Estados Unidos, mediante el recurso de elegir como variable vertical la altura media de los habitantes y como horizontal la correspondiente a los cuatro países.*

Gráfico de pastel

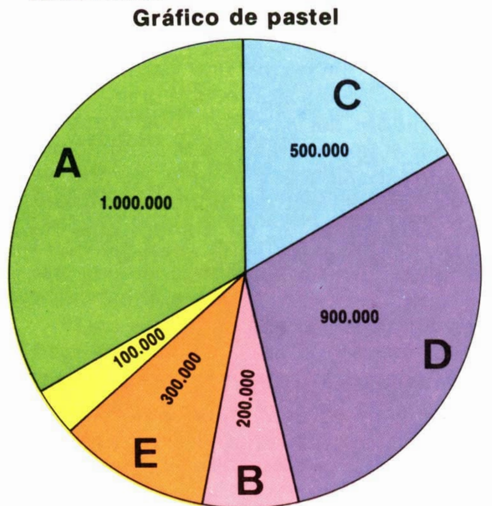
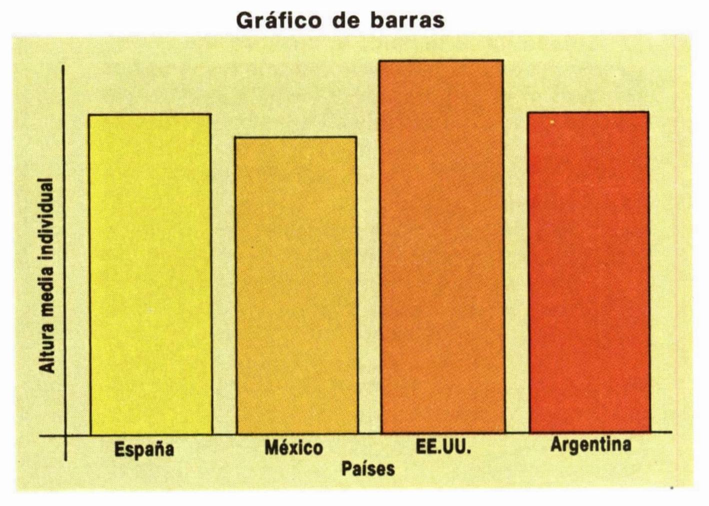
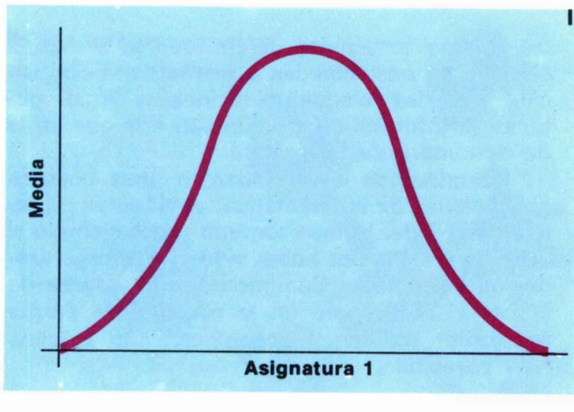
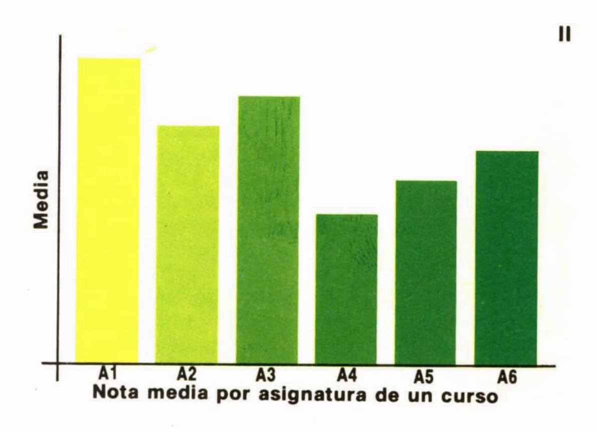
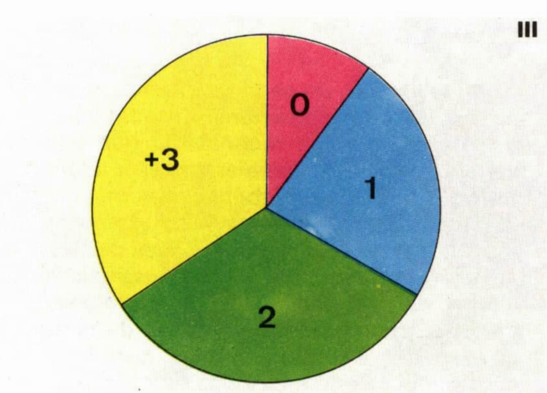


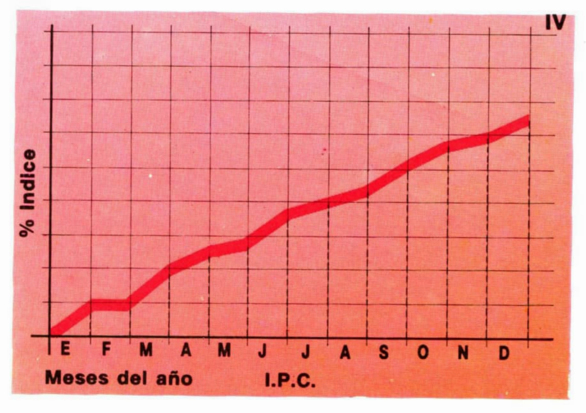
Gráfico de barras











COMPUTACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

El dibujo ilustra las posibilidades de la computadora y la base de datos en la realización de gráficos combinados. Así, partiendo del ejemplo de la base de datos de la página 83 puede visualizarse en pantalla una gráfica discreta de notas medias por alumno y por curso, como la que aparece en el dibujo 1. También puede obtenerse una gráfica de barras, como la que podemos observar en el 2. Asi mismo podríamos elaborar un gráfico de pastel por curso de los alumnos que no han suspendido ninguna asignatura, de los que han suspendido una, dos y de los que han suspendido tres o más asignaturas, como muestra el gráfico 3. Abajo, gráfica discreta del índice del coste de la vida a partir de una hoja electrónica.

La tecnología en telecomunicaciones avanza a la misma velocidad que la computación; en realidad, su marcha es común, ya que cada vez es más frecuente encontrarnos con aplicaciones en este campo en las que intervienen de una manera casi fundamental las computadoras. Cuando se producen nuevos desarrollos en las telecomunicaciones, no podemos imaginar unos resultados óptimos sin el uso de la computadora como elemento específico dentro de tales progresos. En efecto, la tecnología electrónica con sus microprocesadores, memorias de capacidad cada vez más elevada y circuitos integrados hace que los cambios en el sector de las comunicaciones puedan asociarse a los mismos cambios de las computadoras, al formar parte de aquellos. Hace ya algún tiempo que se están usando redes telefónicas para las comunicaciones de textos, imágenes y sonidos.

Existen redes telefónicas públicas o privadas dedicadas solamente a la transmisión de datos. En Europa la mayoría de ellas son públicas, en cambio en Estados Unidos la mayoría son privadas. Las compañías propietarias de estas redes además de utilizarlas para su propio trabajo, las alquilan a otras compañías para su uso en diversas actividades tales como radiodifusión, televisión, transportes, comercio, etc. En general, gran parte de las sociedades comerciales e industriales poseen una centralita telefónica conectada a una de estas redes.

A modo de ejemplo pensemos en el teléfono de nuestra casa como una central telefónica que está conectada a la red telefónica. Mediante este teléfono podemos comunicarnos con cualquier lugar del mundo, marcando las claves correctas. Volviendo a la hipótesis antes mencionada, y suponiendo que disponemos de una línea telefónica de datos (líneas de mucha más velocidad que la línea telefónica y dedicadas solamente a la transmisión de datos), y con la ayuda de una computadora, podríamos también comunicarnos con otras computadoras que dispusieran de los mismos elementos.

Cada día existe más demanda de servicios de telecomunicación entre computadoras y en-

El videotex

En algunos países, el videotex es un servicio público en fase de experimentación (en otros ya ha superado esta fase) con la pretensión de que tenga alcance internacional. Permite acceder a información almacenada en una base de datos, a través de las redes públicas de telecomunicación y utilizando receptores normales de televisión convenientemente modificados o provistos de dispositivos complementarios para que sirvan de equipo terminal. Este servicio se dirige tanto a usuarios especializados, empresas, etc., como al gran público. Por citar un ejemplo, durante el Campeonato Mundial de Fútbol celebrado en España, la Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE) facilitó 40 terminales videotex a las administraciones telefónicas de 11 países latinoamericanos. Desde estos terminales, se tuvo acceso vía satélite a las estaciones de comunicaciones por satélite de Buitrago y Agüimes y, desde allí, a la base de datos videotex de Madrid. La información aparece en el terminal en forma gráfica o escrita. Las materias más consultadas son noticias, ciencia, deportes, etc. Hoy, los televisores o terminales donde se recibe la información videotex, pueden sustituirse por pequeñas computadoras.

tre éstas y terminales, hecho que abre más el abanico de posibilidades a través de la conjunción entre las telecomunicaciones y la computación o informática, conjunción a la que se le da el nombre de *telemática*.

Describamos a continuación unas cuantas aplicaciones de la telemática: el videotex, el teletex y el *Tida*. Hemos tomado como ejemplo el caso de España por haber sido el país organizador de los últimos Campeonatos Mundiales de Fútbol (1982), pero en la mayoría de países avanzados existen aplicaciones, sino iguales, muy parecidas.

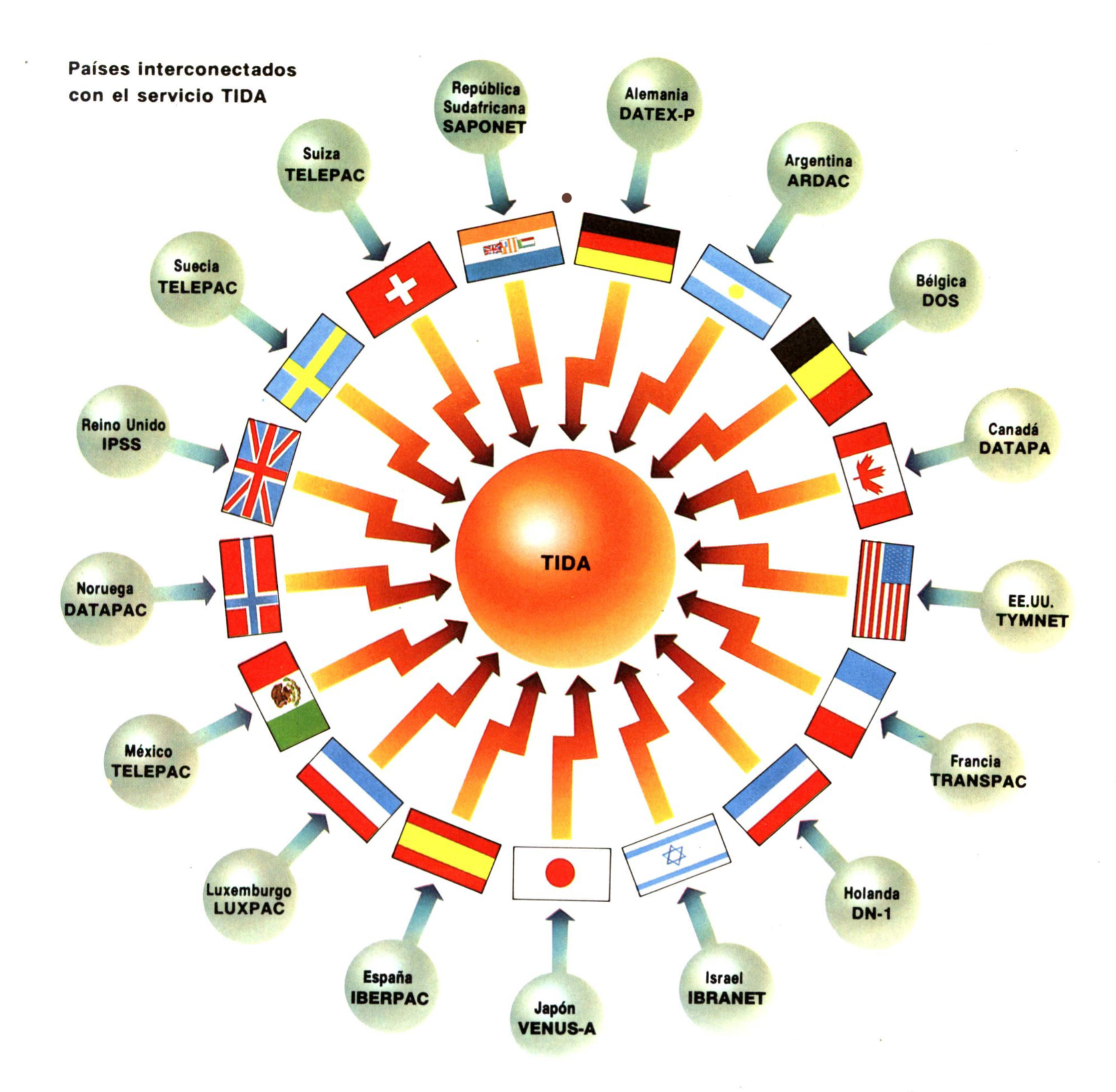
El teletex

El teletex es un servicio internacional ofrecido por las administraciones (o empresas privadas de explotación reconocida) que permite a los abonados intercambiar correspondencia, información de tipo alfabético y numérico, entre las memorias de los terminales, de modo automático a través de redes públicas de telecomunicación. Un terminal teletex engloba las funciones de máquina de escribir, procesador de textos y transmisión y recepción de textos. Está destinado a sustituir al télex, pero muy lentamente, del mismo modo que este último desplazó al servicio telegráfico. En esta aplicación los terminales pueden sustituirse por computadoras personales, al igual que en el caso anterior.

Como consecuencia de todo lo expuesto, cabe afirmar que el servicio teletex constituye el jalón más importante en el camino hacia la total mecanización de la oficina del futuro.



Cada día existe más demanda de servicios de telecomunicación entre computadoras y entre éstas y terminales, fenómeno que abre más el abanico de posibilidades a través de la conjunción entre las telecomunicaciones y la computación. Esta conjunción, que recibe el nombre de telemática, queda perfectamente ilustrada en el dibujo de esta página. En la página siguiente, la figura muestra los países que están conectados a la red de datos y servicios Tida.



El Tida

Tida es un servicio público internacional de transmisión de datos, cuya contribución a la expansión del mercado de la telemática se concreta en un doble objetivo:

- Facilitar a los usuarios el acceso a los ordenadores, bases de datos, centros de cálculo, etc., que estén situados en otros países, dentro de los de cobertura del servicio Tida.
- Básicamente, el servicio Tida logra estos objetivos mediante la conexión internacional de las redes de datos nacionales de cada país, a las que se conectan las computadoras y terminales.

Para realizar este servicio se utiliza la técnica de conmutación de paquetes. En este sistema los datos que transmite el usuario se fragmentan en bloques llamados paquetes; a éstos se les incorpora la información de control y la dirección que permite encaminarlos a su destino correcto. Esta técnica asegura una elevada protección contra los errores de transmisión y además la confidencialidad de las comunicaciones está asegurada para cada usuario gracias al empleo de claves únicas para cada uno de ellos y desconocidas para los demás.

Este servicio permite la interconexión con las computadoras y servicios computerizados existentes en la mayor parte de los países desarrollados.

La red internacional de datos, a través de la cual se ofrece el servicio Tida, está constituida por una serie de elementos diferentes de acuer-

Terminales punto de venta (TPV)

Los terminales punto de venta constan normalmente de un teclado alfanumérico, uno o dos visores que reflejan los datos introducidos manualmente o a través de lectores de código de barras, una cajita para el dinero y una salida de impresión de tickets.
La mayoría de sistemas que se instalan en los negocios del comercio son modulares, de tal manera que se adaptan al tamaño de dichos negocios. Sus posibilidades comprenden desde el comercio que solamente necesita una caja, hasta los grandes establecimientos, donde hay muchas salidas y por lo tanto necesitarán más cajas. El terminal punto de venta tanto en un comercio como en otro puede realizar las mismas funciones: optimizar los stocks, tener una alerta permanente sobre la situación del producto para pedir reposiciones, conocer cómo se produce la venta de artículos a nivel de una sección o a nivel global de todo el negocio, e incluso realizar controles propios de la caja: venta por empleado, productividad de las cajeras, etc.

do con su función y que podrían enumerarse de la siguiente manera:

- Accessos a la Red Internacional de Datos.
- Nodo Internacional de Datos de la compañía telefónica
- Circuitos internacionales.
- Centros internacionales de otros países.
- Redes de datos extranjeras.

Para acceder a la Red Internacional de Datos, el usuario tiene a su disposición varias opciones:

— mediante circuitos especiales entre el abonado y el nodo del servicio Tida (Transmisión Internacional de Datos).

— mediante circuitos especiales entre el abonado y el nodo del servicio Tida.

El Nodo Internacional de Datos (NID) es el punto a través del cual se encamina el tráfico de datos tanto de entrada como de salida.

Los enlaces entre el nodo de la compañía telefónica y los distintos países se realizan por circuitos internacionales debidamente acondicionados y dedicados exclusivamente a este servicio.

Los centros de otros países son los puntos de interconexión entre el Nodo Internacional de Datos (NID) de un país determinado y las redes de datos extranjeras. Cada uno de estos centros se corresponde con el Nodo Internacional de Datos de cada país, pudiéndose considerar como las puertas de entrada a las redes de datos en los correspondientes países.

Las redes de datos son redes públicas de transmisión de datos que, en cada país, facilitan el acceso de las computadoras y terminales conectados a las mismas. Las redes de datos y servicios con los que el servicio Tida puede interconectarse (en el momento actual y en el futuro) son los que aparecen en el dibujo *Países interconectados por el servicio Tida*.

Para poder establecer una comunicación en el momento de la solicitud del servicio Tida, debe facilitarse al usuario la siguiente información.

- Números de teléfono del Nodo Internacional de Datos.
- Identificación del terminal o computadora (letras que identifican el tipo de terminal y la velocidad de transmisión).
- Clave de usuario (conjunto de caracteres alfanuméricos que identifican al usuario, la computadora a la que se desea acceder y la vía de acceso).
- Clave de paso (palabra que permite confirmar que el que establece la llamada es el abonado correcto, proporcionando la seguridad de que sólo las personas autorizadas pueden usar el sistema del abonado).

Con la información anterior, el usuario puede ya establecer una comunicación. Sólo tiene que marcar alguno de los números de teléfono del nodo de la compañía telefónica y esperar hasta oír un tono agudo. Cuando se recibe el tono agudo, se pulsa el botón de transmisión de datos del módem, quedando en ese momento conectado al centro.

El sistema producirá secuencialmente los mensajes, a los que deberá contestar tecleando el tipo de terminal, clave de usuario y clave de paso para su identificación. Con esta información, el Nodo Internacional de Datos encamina la llamada a su destino.

COMPUTACIÓN Y SECTOR DEL COMERCIO

Las computadoras también han llegado al mundo de los negocios y del comercio, realizando funciones no sólo de cajas registradoras, sino también de herramientas para almacenar datos, calcular costos, mantener almacenes al día, etc. Permiten, en definitiva llevar este tipo de empresas de una manera más organizada y tener siempre una visión de conjunto lo más aproximada posible a la realidad, con todos los datos al día, y poder hacer un cálculo muy exacto de su rentabilidad.



Arriba, terminal de punto de venta (TPV) en la caja registradora de un supermercado.

Utilización de la computadora en un establecimiento comercial

En este sector, como en muchos otros, también ha hecho acto de presencia la crisis que se inició en la década de los setenta. Y por ella han desaparecido muchos negocios de este tipo de carácter familiar, que no han podido superar la crisis debido a los costes salariales, a los tipos de interés y a un factor fundamental: la competencia cada vez más feroz de empresas mucho mayores, a las cuales afectan mucho menos los factores indicados anteriormente.

El problema principal de un establecimiento comercial son los productos inmovilizados en el almacén. Todos los productos cuyas existencias permanecen largo tiempo en el almacén, representan un coste de almacenamiento muy elevado que lógicamente repercute en los beneficios.

El análisis de esta situación ha llevado a los fabricantes de cajas registradoras y de computadoras a desarrollar y ofrecer soluciones computarizadas, más o menos complejas. El sector

del comercio dispone así de una serie de elementos que facilitan la gestión de sus negocios permitiendo comprar mejor, adecuar los productos ofrecidos a la demanda, anular los productos que tengan poca salida o rotación y optimizar el stock para que se produzca menor cantidad de material inmovilizado.

Entre las soluciones ofrecidas, destacaremos los terminales punto de venta (TPV) con apariencia de cajas registradoras, que disponen de memoria de burbujas, periféricos sofisticadísimos, unidades de almacenamiento externo y posibilidades de conexión a otras computadoras por lo que no tienen límite importante de memoria.

Todos estos sistemas en el momento de su implantación topan con dos problemas: el tiempo de espera del cliente, ya que la cajera tarda en entrar al terminal todos los datos de cada producto vendido, y los errores que pueda cometer la cajera, los cuales no pueden detectarse al momento.

Para solucionar estos problemas se han estudiado soluciones alternativas y se han encontrado unos aparatos que pueden leer unos determinados códigos especiales. Un primer dispositivo es el *lápiz óptico* que puede leer un código de barras, sistema seguro pero también lento, lo cual soluciona el problema solamente en parte. El aparato que parece que tiene más aceptación es el *scanner*, que también lee el código de barras pero es mucho más rápido y seguro que el lápiz.

De esta manera, con estos instrumentos, la cajera ya no tiene que digitar en el terminal el código del artículo sino que simplemente pasando dicho artículo por encima del scanner, éste lee el código y lo transmite al terminal. Este último calcula su precio, lo rebaja del stock, va acumulando la cantidad que el cliente tiene que pagar, etc., y finalmente deja el stock actualizado y emite un ticket con el detalle de los productos comprados, su precio y el montante total de la compra.

Solamente con los terminales se puede llevar, como ya hemos visto, un control del negocio. Sin embargo, si los terminales los tenemos conectados a una computadora central, en ésta podremos llevar unas estadísticas completas de artículos y una gestión de stocks potentísima. Podremos llevar también la contabilidad, la gestión con los proveedores, la nómina, etc. Puntos todos ellos que estarán relacionados con las informaciones que mandará a dicha computadora todos los terminales.

COMPUTACIÓN Y DEPORTES

Cada día se utiliza más la potencia de las computadoras en el campo deportivo, de tal manera que se ha llegado a un punto en que ya es casi imposible la organización de cualquier acontecimiento deportivo sin pensar en la computadora. Ésta se utiliza en toda clase de acontecimientos deportivos, en los que el tiempo es uno de los factores principales. Por ejemplo, en natación, atletismo, automovilismo, motociclismo, etc. También es útil en otros deportes en los que el tiempo no es un elemento esencial, pero sí se necesitan unos datos estadísticos que es interesante conocer en un momento determinado y que sin la ayuda de la computadora no sería posible conocer tan rápidamente.

Veamos con mayor detenimiento la función de la computadora en el campo deportivo, concretamente su uso en dos acontecimientos deportivos: La prueba de natación de los Juegos Olímpicos de 1984 y una carrera de Fórmula 1 del Gran Prix.

Utilización de la computadora en los Juegos Olímpicos

El ritual de los Juegos Olímpicos ha ido cambiando poco a poco desde hace cerca de noventa años en que el barón Pierre de Coubertin los reimplantó. Actualmente es un espectáculo atractivo y majestuoso, especialmente cuando miles de atletas aparecen desfilando en la ceremonia de apertura. Sin embargo la tecnología que se ha ido usando desde los primeros juegos modernos ha sufrido un cambio espectacular. Los cincuenta mil espectadores que presenciaron la solemne ceremonia de apertura en marzo de 1896, en la ciudad de Atenas desconocían por completo las actuales tecnologías, especialmente la computadora.

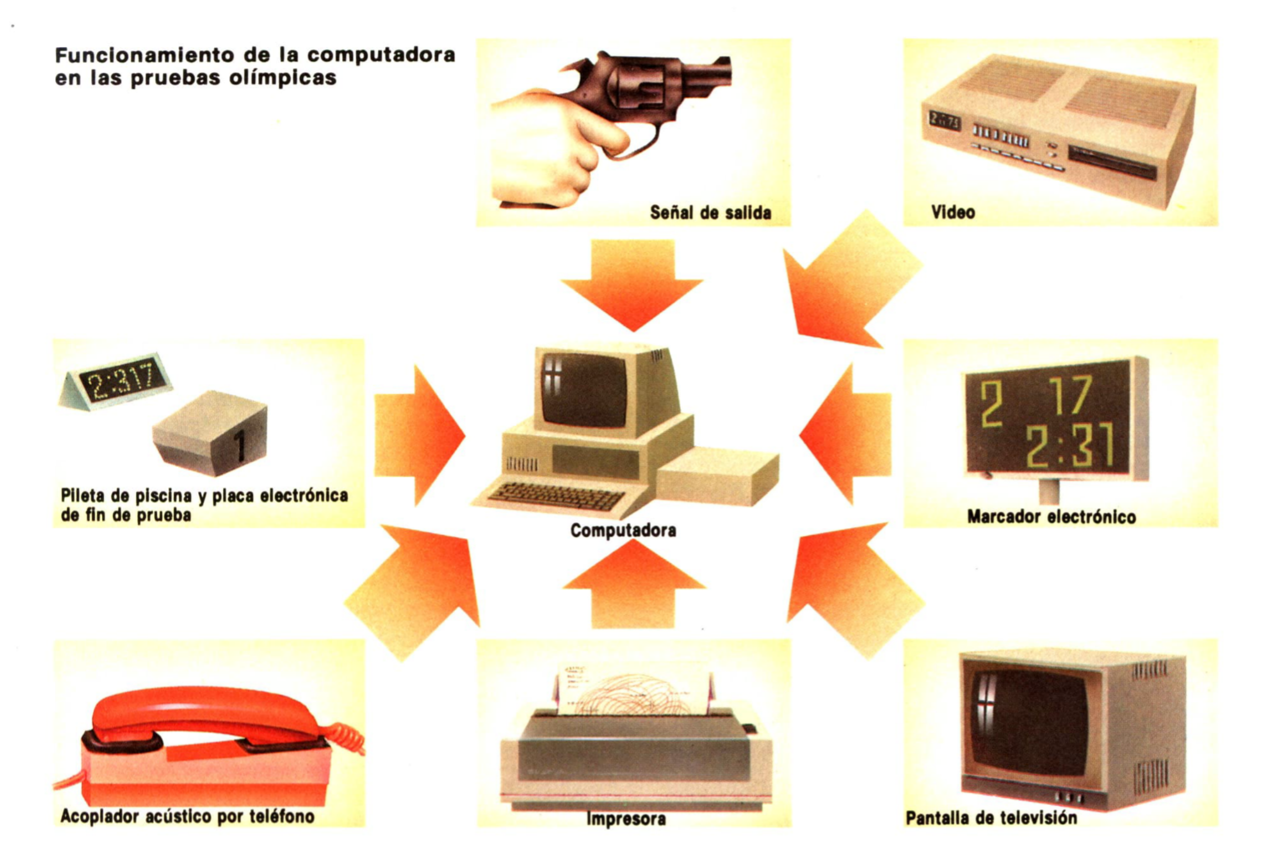
La computadora ayudó a estos juegos proporcionando sistemas de mensajes electrónicos, sistemas de distribución de sonido, sistemas de resultados, procesamiento de datos y otros servicios tales como toma de tiempos, elaboración de tickets, etc.

LA COMPUTADORA USADA EN LAS PRUEBAS OLÍMPICAS

Veamos como se utilizaron las computadoras en una de las competiciones más apasionantes: la natación. La computadora aquí se comporta como el centro de acción y no sólo cronometra tiempos, sino también controla cada prueba con una exactitud extraordinaria.

Veamos todos los controles y servicios que la computadora realiza en una competición de este tipo. Cuando se dispara la pistola para indicar el comienzo de la prueba, la computadora se comporta como un dispositivo de toma de tiempo. Una vez los nadadores saltan al agua y cada vez que tocan uno de los extremos de la piscina, la computadora va grabando el tiempo que llevan invertido individualmente y a la vez

Funcionamiento de la computadora en las pruebas olímpicas



los va visualizando en el marcador electrónico, o también en la televisión, para que puedan verlo los espectadores. Así hasta el fin de la prueba, en que la computadora memoriza los tiempos finales y se pone en marcha el sistema de resultados, que además de aparecer en el marcador y en la televisión, pueden transmitirse vía línea telefónica. Los resultados obtenidos serán verificados por los jueces y al cabo de sesenta segundos la información estará disponible para los medios de comunicación. Es posible comunicar los resultados mediante un *Hard-copy* de cada una de las pruebas a todos los medios de comunicación, diez minutos después que los jueces los hayan dado como oficiales. El Hard-copy consiste en un envío de información por línea telefónica que luego se puede introducir en una impresora que acepte este sistema. La impresión puede ser idéntica a lo que se visualiza en el marcador electrónico.

El sistema de distribución de resultados es sólo una pequeña faceta utilizada por el LAOOC *(Comité Organizador de los Juegos Olímpicos de Los Ángeles)* para la organización de los Juegos.

Otro de los servicios prestados a través de computadora es el EMS *(Sistema Electrónico de Mensajes)*, con el que se tiene la posibilidad de recibir, almacenar y distribuir electrónicamente mensajes sin usar papel. Más de cincuenta mil atletas, miembros de la familia olímpica y personal autorizado pudieron emplear este sistema para poderse comunicar con otros usuarios, para reclamar servicios al LAOOC o para concertar citas o reuniones mediante la agenda-calendario de que dispone este servicio. Los usuarios que poseían tarjetas de crédito de la Unión Internacional de Telecomunicaciones pudieron componer y transmitir mensajes vía télex a través del EMS. El sistema suministró también resultados oficiales de las diversas competiciones al cabo de pocos minutos de haber concluido. Mediante este sistema también se podía disponer de las listas de participantes en cada prueba junto con las biografías deportivas de cada uno de ellos.

Para realizar este trabajo se dispuso de doce computadoras de un modelo determinado, comunicadas entre sí a las cuales se conectaron alrededor de mil terminales que se emplazaron en las villas olímpicas, en los lugares de reunión y en otros frecuentados por la familia olímpica. Con estos terminales se podía disponer de los servicios antes descritos en varios idiomas. Las instrucciones de ayuda se encontraban disponibles en francés, inglés, español y alemán, mientras que los mensajes podían transmitirse en el idioma propio del usuario a través de un teclado especial que contenía los carácteres internacionales.

Como se ve las computadoras significaron un impacto en el desarrollo y la organización de

las diversas fases de cada uno de los veintitrés deportes que se dieron cita en los Juegos Olímpicos de 1984.

En el plano no deportivo las computadoras también contribuyeron a la seguridad de los participantes. En la entrada de cada recinto que tuviera relación con los Juegos, todos los que querían entrar debían presentar su acreditación que era leída en un lector de código, cuyo código entraba en la computadora que comprobaba si los datos de la persona que quería acceder al recinto coincidían con la información que tenía almacenada la computadora.

Utilización de la computadora en una carrera del Gran Prix de Fórmula 1

En principio veamos qué tipo de información puede ser útil a un equipo que dispute una prueba de Fórmula 1 encuadrada en el Gran Prix. Puede resultar necesaria la información de los tiempos que están efectuando sus monoplaza, los minutos o segundos de distancia entre uno y otro, los tiempos de los demás, la clasificación parcial en cualquier momento de la carrera y otra serie de datos que pueden calcularse a partir de otros almacenados en la computadora. Toda esta información también es útil a los medios de comunicación y la computadora también deberá proporcionársela; aunque, en realidad, el mayor beneficio de ese sistema es sin duda la televisión y a su vez los telespectadores, ya que en el transcurso de la carrera se les va ofreciendo una puntual información.

CÓMO ACTÚA EL SISTEMA

Un aparato cronometrador se encuentra conectado a una computadora personal que mediante aquél se encarga de ir recogiendo los tiempos de paso de cada monoplaza por la línea de llegada, junto con su número. Dicha información se traspasa mediante cables a una red local de computadoras, a la que se puede acceder desde cualquiera de las pantallas de consulta situadas en los boxes o en la zona de prensa. Lógicamente cada equipo puede tener su pantalla conectada al sistema para tener acceso instantáneo a toda la información que éste le pueda dar; y a su vez la zona de prensa también tiene acceso mediante unas cuantas pantallas a dicha información.

Los equipos situados en los boxes pueden tener incluso, si en la computadora se han introducido con anterioridad, datos referentes a consumo de combustible, aerodinámica u otros datos relativos al monoplaza, realizar en un momento determinado pruebas de velocidad del aire, velocidad del monoplaza, del consumo del combustible, etcétera.

COMPUTACIÓN Y ANIMACIÓN

Cada vez más a menudo podemos ver en el cine o en la televisión imágenes espectaculares que parece imposible que se hayan podido filmar a partir de algo real. Sin embargo, por extraño y fantasioso que pueda parecernos, así es en la realidad: estas imágenes han sido generadas por una computadora.

La técnica de la animación por computadora proporciona a los medios audiovisuales, muchas posibilidades de trucaje de imágenes y de producción de efectos especiales, que hacen que el espectador se sienta atraído por ellos. Este nuevo arte se llama CGI *(Imágenes Generadas por Computadora),* y no sólo se aplica a la realización de películas o reportajes sino que también suele utilizarse en los anuncios de televisión.

Una de las primeras películas rodadas con la ayuda de la computadora fue *La guerra de las galaxias* en la que los efectos especiales fueron su mayor logro, y más tarde hemos tenido ocasión de presenciar el film de Walt Disney TRON, la primera película realizada casi totalmente con la técnica de animación con computadoras, y en el que los actores se mueven en un mundo imaginario que representa el interior de una computadora. Sin embargo TRON no ha sido más que la avanzadilla de esta técnica. Cuando se rodó, la aplicación de la generación de imágenes por computadora en el cine estaba todavía en sus inicios.

Hoy en día algunas productoras cinematográficas se han dado cuenta de que éste es un camino hacia el futuro y han invertido grandes sumas de dinero en la construcción de departamentos de animación propios, con lo que esta técnica ha dado un gran paso adelante. De ahí que las productoras esperen que en poco tiempo puedan obtenerse resultados verdaderamente espectaculares.

Estas técnicas se han presentado en algunos festivales de cine y han tenido una acogida excepcional. Por ejemplo, en el festival de Nuevos Medios celebrado en 1984 en Montecarlo, los espectadores pudieron admirar una selección de las mejores imágenes creadas hasta aquella fecha. Por poner un ejemplo, allí se pudo ver un esqueleto con sombrero y fumando un cigarrillo, que avanzaba por un paisaje desértico y pedregoso, y empujaba una esfera blanda del tamaño de un balón de fútbol. Al final de la escena se descubría que la esfera era un globo ocular.

Sin embargo no todo es imaginario, sino que hay otras posibilidades más reales como películas médicas aplicadas a la enseñanza en las que se muestra el interior del cuerpo humano; por ejemplo, el movimiento de la sangre a través de todas las venas y arterias y del corazón.

COMPUTACIÓN Y SIMULACIÓN

Una de las maneras más importante en que las computadoras ayudan al hombre a realizar planificaciones para el futuro, es *la simulación.* Mediante esta técnica se construye un modelo de un determinado proceso a base de relaciones matemáticas y se prueba, bajo cuantas más condiciones mejor, antes de que el proceso pueda implantarse de una manera definitiva. La computadora es una herramienta casi imprescindible en los estudios de simulación al poder generar muchos miles (o quizás millones) de condiciones diferentes en muy poco tiempo que pueden tener incidencias dentro del modelo, así como también registrar y ordenar todos los resultados obtenidos. Por ejemplo: procesos tales como las operaciones dentro de un reactor nuclear, el uso de una nueva carretera, o el cambio de precio de un producto, pueden simularse con una computadora, para que ayude a determinar qué efectos causarán la concurrencia de unas determinadas condiciones en el modelo real, analizando de este modo los efectos producidos en el modelo simulado y ampliando así las posibilidades de un proceso concreto.

Los modelos simulados se construyen mediante computadora; por ello, antes de hacer el modelo definitivo o antes de tomar ninguna decisión, las simulaciones ayudan a prever equivocaciones costosas y a identificar nuevas posibilidades.

Fotograma de animación realizada por computadora. La realización de dibujos animados mediante computadora supone la utilización de paquetes de programas de software gráfico que permiten al usuario acceder a las funciones gráficas fundamentales con extraordinaria rapidez y facilidad. Esto le permitirá dedicar su tiempo y atención al trabajo propiamente creativo.



Cómo se producen las imágenes en las pantallas de cine o de televisión

La computadora realiza el dibujo de la imagen y para ello tarda según su dificultad muchos segundos e incluso minutos. Después de haber producido la imagen se graba en cinta de vídeo, con lo cual tendremos toda una serie de imágenes grabadas que serán reproducidas a la velocidad de 24 imágenes por segundo para el cine y 30 ó 25 para la televisión. Este tiempo que las computadoras invierten en generar una imagen imposibilita que una cámara conectada a la computadora filme estas imágenes ya que ésta necesitaría que la computadora las produjeras a razón de 24 por segundo y en cambio le da una cada varios minutos. Esto es debido a que la computadora no se limita solamente a dibujar la imagen, sino que antes de dibujarla hace millones de cálculos para poder obtenerla. Así, la computadora cuando tiene que mostrar en pantalla una determinada escena en tres dimensiones debe calcularla siguiendo incontables pasos a partir de los datos que tiene almacenados en memoria, datos que le ha proporcionado el técnico de animación que la maneja.

Veamos cómo se le puede enseñar a una computadora a dibujar un objeto en tres dimensiones; supongamos que sea un caballo de madera. En primer lugar se proyecta sobre el modelo una red de abcisas y ordenadas y se fotografía con dos cámaras desde ángulos distintos. Con ayuda de un digitalizador se introducen en la computadora los datos sobre ambas fotografías. A continuación, se le proporcionan las reglas fundamentales de geometría y se le comunican los puntos donde estaban situadas las cámaras. A partir de este momento la computadora ya puede calcular por sí misma las coordenadas tridimensionales del objeto.

Obviamente es necesario repetir varias veces el proceso, fotografiando el modelo desde todos los ángulos y cuidando de no solapar las imágenes. Con este método y algunos más sofisticados, los creadores de imágenes por computadora pueden generar todo tipo de imágenes que conciba su imaginación.

Utilización de la computadora en un proceso de simulación en una compañía petrolífera

Las compañías petrolíferas muy a menudo utilizan estas técnicas para simular la carga y descarga de barcos petroleros en las zonas portuarias y poder determinar el número óptimo de cargadores/descargadores que tendrán que construir. Por ejemplo, supongamos una compañía petrolífera que posee espacio para construir de dos a cinco cargadores/descargadores en el muelle de su refinería. Construir y mantener cinco de estos dispositivos cuesta más que construir y mantener dos, pero los barcos pueden vaciarse y llenarse más rápidamente con cinco cargadores/descargadores que con dos. Por otro lado, un barco que puede volver a la mar rápidamente generará más beneficios que otro que tenga que permanecer mucho más tiempo en el puerto. Se utiliza un modelo simulado con el cual se puede descubrir la estrategia óptima.

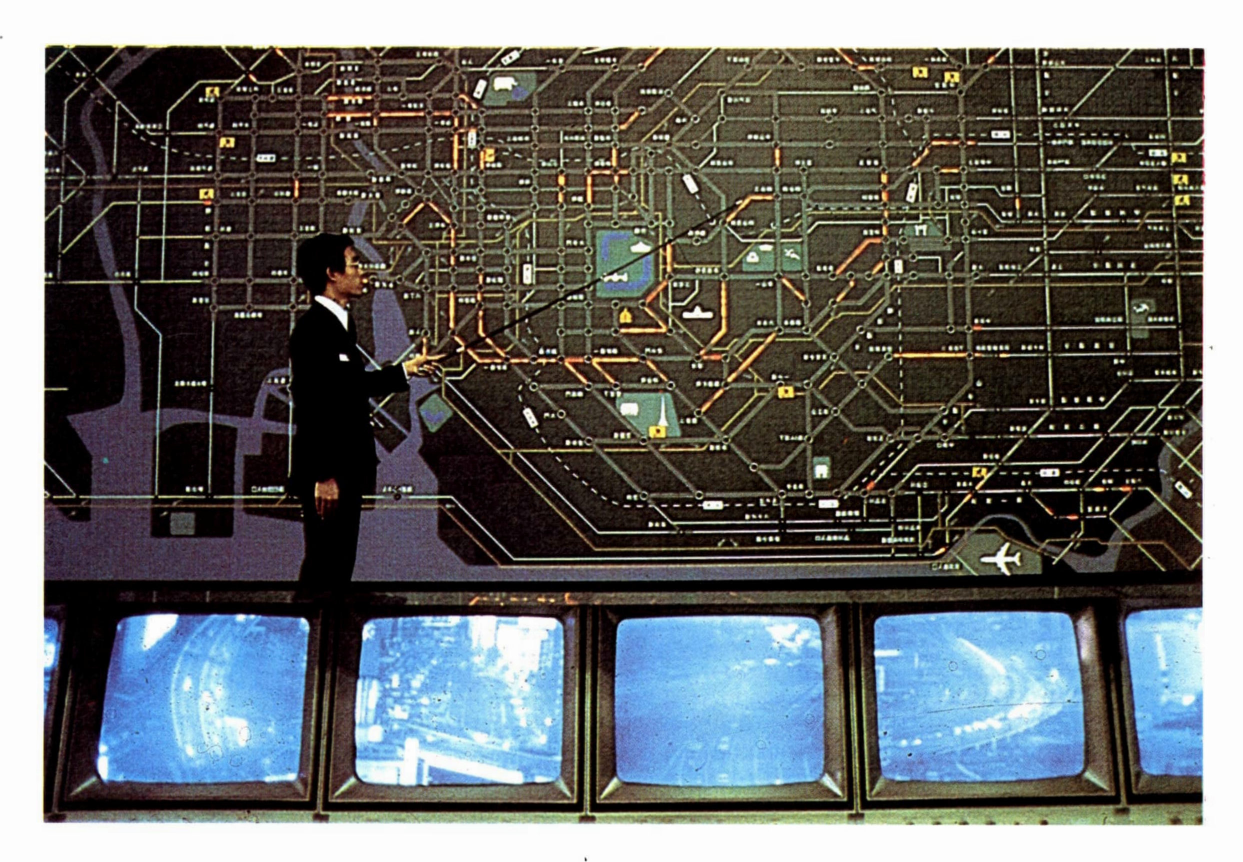
Se puede analizar la solución de construir dos cargadores/descargadores. Para ello será necesario simular millones de días de trabajo de dos cargadores/descargadores, donde los barcos operan diariamente de acuerdo con unas relaciones matemáticas. Por ejemplo, el 40 por ciento de las veces se tarda veinte horas en cargar un barco y el 60 por ciento de las veces se tarda quince horas. Se puede usar la computadora para seleccionar el tiempo de carga de cada barco basándose en estas frecuencias. Es como si el ordenador lanzara una moneda al aire para determinar qué tiempo de carga habrá que utilizar, pero la probabilidad de un suceso no será del 50 por ciento sino del 40 ó 60 por ciento.

Para simular la descarga se empleará el mismo método. La computadora también puede simular colas de barcos que esperan su turno para descargar o cargar, y qué tiempo espera cada uno; además de calcular el coste de la carga, descarga, espera y otras estadísticas útiles. De esta manera, simulando condiciones favorables y desfavorables, se producirán situaciones que se irán plasmando en gastos o beneficios, con los cuales al final se tendrá una idea del resultado global.

La totalidad de las restantes estrategias puede obtenerse de la misma manera. Así, los directores de la compañía petrolífera pueden comparar los costos y beneficios de todas las estrategias posibles y utilizar esta información para tomar una decisión.

Utilización en otras simulaciones

Un campo en el que se usan también las computadoras para realizar trabajos de simula-



ción es el de los viajes espaciales. Todos los astronautas, antes de realizar un viaje espacial, sufren un entrenamiento muy riguroso en una cápsula espacial ficticia, aunque dentro de ella se producen todas las situaciones posibles de una cápsula espacial real. Esta cápsula se controla mediante una computadora que efectúa la simulación de todas estas condiciones. También en el campo de la aviación se utiliza un aparato llamado simulador de vuelo que emula las condiciones de la cabina de un avión.

Los científicos en campos tan diversos como medicina, sociología, biología, química, genética, educación, psicología e ingeniería han elegido la simulación por computadora como una herramienta para realizar descubrimientos para el futuro.

OTROS CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA COMPUTACIÓN

En este capítulo hemos descrito unas cuantas aplicaciones de computadoras en campos muy específicos. Esto no significa en absoluto que las computadoras solamente puedan aplicarse a estas tareas. Hoy casi no hay actividad en la que no sea posible la aplicación de la computadora, por lo tanto existen muchas más aplicaciones que las descritas hasta ahora. Veamos someramente unas cuantas.

La imagen muestra las posibilidades que ofrece la computación en el campo del control del tráfico en un área de tal densidad, como es la ciudad de Tokio, que sería imposible regular sin la ayuda de estos poderosos medios. El tráfico se controla desde el panel gigante que muestra la imagen. La información la proporcionan 5.000 detectores ultrasónicos que perciben si la circulación es fluida o si hay atascos, lo que viene indicado mediante líneas de colores en el plano.

Los coches y el tráfico por carretera

Actualmente en muchos modelos de automóvil ya se instala una pequeña computadora que sirve para advertir al conductor de las averías, del mal funcionamiento de una parte del vehículo, del estado de los neumáticos, etcétera.

También intervienen en el control de tráfico. Los semáforos están conectados a unos captadores colocados bajo el revestimiento de las calzadas. Estos captadores determinan hasta donde llega la hilera de coches parados ante el semáforo y adaptan el tiempo de luz roja o verde suprimiendo las esperas inútiles. También las podemos encontrar en los radares que controlan la velocidad de los coches en una autopista.

Los aviones y el tráfico aéreo

Si el tráfico por carretera se controla a través de la computadora, el aéreo utiliza este mismo sistema. Hoy en día las cabinas de los



La computadora ayuda a los astrónomos en sus exploraciones, porque puede almacenar imágenes solares, estelares, radiaciones, etc. Arriba, cartografía espacial. Los datos entran en la computadora y los gráficos se realizan mediante el Sistema Digital Automático.

aviones están provistas de pequeñas computadoras, que son una ayuda fundamental para los pilotos. Les informan de la altitud, de la velocidad, del nivel de combustible, etc. Asimismo en el tráfico aéreo realizan operaciones de control para tener localizados los aviones en pista o en vuelo, las vías por las que están circulando, los lugares de origen y de destino... Estas operaciones se llevan a cabo desde la torre de control y desde las salas de radares de los controladores aéreos.

La astronomía

La computadora ayuda a los astrónomos en su exploración porque puede almacenar imágenes solares, estelares, radiaciones, etc. De tal manera que estos datos quedan archivados y así se facilita el estudio posterior tanto estadístico como técnico de las imágenes obtenidas.

El periodismo

En el trabajo diario de los periodistas, desde hace algún tiempo se ha introducido un nuevo elemento, la computadora. Normalmente, en las redacciones donde se utiliza existe una computadora central que está conectada a un gran número de terminales. En ellas los redactores escriben los textos creando y corrigiendo a la vez. Así se gana limpieza en la presentación y espacio de archivos. Mediante este procedimiento se reduce en gran medida el tiempo necesario para la confección de un periódico, pues el texto obtenido alimenta directamente la máquina de fotocomposición.

El desactivador de explosivos

Es un pequeño robot utilizado para desactivar cualquier explosivo que se supone a punto de estallar. Este robot también es gobernado por una computadora y se puede dirigir desde una distancia prudencial.

Los bancos

También encontramos la presencia de la computadora en cualquier banco. Colabora en casi todas las operaciones que se producen en este lugar, como el cobro de un talón, el ingreso de una cantidad, el reintegro de otra, etc.

Los juegos

Hay computadoras que disputan partidas de pocker, de bridge, de backgammon, etc. Entre los juegos hechos para computadora destacan los videojuegos que son una de las aplicaciones más conocidas y divertidas de las computadoras.

La simple enumeración de todos los apartados en los que podemos encontrar la computadora podría llevarnos a escribir muchas páginas. El tema, por tanto, no acaba aquí, ya que en los próximos años la técnica habrá avanzado mucho más y quedaremos deslumbrados ante lo que podrá llegar a hacer una pequeña computadora. A pesar de todo, no olvidemos que las computadoras sin el hombre, no serían más que máquinas sin forma ni esencia.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

EL CÁLCULO Y LAS CALCULADORAS MECÁNICAS

LOS PIONEROS DE LA COMPUTACIÓN

HACIA LA COMPUTADORA DE NUESTROS DÍAS

LAS GENERACIONES DE COMPUTADORAS

APLICACIONES DE LA COMPUTACIÓN

plan general de la obra

VOLUMEN 1

VOLUMEN 2

OCEANO